

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu
Energiatekniikan laitos

Pekka Tiilikainen

Asuinkerrostalojen korjausvelan arviointimenetelmän kehittäminen

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa, 14. marraskuuta 2014

| | |
|----------|------------------------------------|
| Valvoja: | Professori Kai Sirén |
| Ohjaaja: | Diplomi-insinööri Juha Pihlajamäki |

Aalto-yliopisto
 Insinööritieteiden korkeakoulu
 Energiatekniikan laitos

 DIPLOMITYÖN
 TIIVISTELMÄ

| | | | |
|---|--|-------------------|----------|
| Tekijä: | Pekka Tiilikainen | | |
| Työn nimi: | Asuinkerrostalojen korjausvelan arviointimenetelmän kehittäminen | | |
| Päiväys: | 14. marraskuuta 2014 | Sivumäärä: | vi + 127 |
| Pääaine: | LVI-tekniikka | Koodi: | Ene-58 |
| Valvoja: | Professori Kai Sirén | | |
| Ohjaaja: | Diplomi-insinööri Juha Pihlajamäki | | |
| <p>Asuinkerrostalon korjausvelka on sen tulevien optimitasoon kohottavien korjausten kustannuksien nykyarvon summa. Diplomityön tavoite oli kehittää korjausvelkamalli, joka pystyy antamaan korjausvelan avulla ohjaavaa tietoa yksittäiselle asuinkerrostalolle sen rakentamisvuoden perusteella. Kirjallisuustutkimuksen lähteinä toimivat korjausvelkaan liittyvät aiemmat tutkimukset. Lähteistä koostettiin taulukko eri aikakausilla käytössä olevista taloteknisistä järjestelmistä ja rakenteellisista ratkaisuista. Niiden yhteydessä esitettiin tekniset käyttöiät ja korjausmenetelmien kustannukset. Kustannustietoa tarkennettiin Isännöintiliiton putkisaneeraus­kyselyn tuloksilla. Teknisiä käyttöikiä verrattiin todellisiin käyttöikiin kerrostaloasuntojen myynti-ilmoituksilla. Todelliset käyttöiät eivät olleet kaikissa kerrostalon osissa vastaavat teknisten käyttöikien kanssa. Kuluvia taloteknisiä järjestelmiä ei vaihdettu riittävän usein. Määrittäväksi tekijäksi korjausvelalle todettiin asuinkerrostalon rakentamisvuosi, joka vaikutti asuinkerrostalon kaikkien osien käyttöikiin ja kustannuksiin. Suurempi lähtötietojen määrä olisi antanut tarkempaa erottelua korjausvelalle rakentamisvuoden perusteella. Diplomityön korjausvelkamalli laskee lähtötietojen perusteella asuinkerrostalolle sen osien korjausvelkojen nykyarvojen summan. Korjausvelkamalli soveltuu paremmin yksittäisten kohteiden arviointiin, kuin koko Suomen kerrostalokantaan. Korjausvelkamalli todettiin riittävän tarkaksi arvioksi asuinkerrostalon korjausvelasta, jotta sillä pystytään antamaan ohjaavaa tietoa taloyhtiöille ja asuntojen ostajille. Diplomityön tavoite saavutettiin, mutta korjausvelkamalliin jäi paljon lisäkehittävää. Sillä ei voi korvata kiinteistön kuntotutkimuksia. Diplomityön mallilla pystytään vertailemaan eri korjaustoimenpiteitä ja niiden vaikutusta korjausvelkaan. Sillä saadaan suuntaa antava arvio asuinkerrostalon korjausvelasta antamalla tietoa kiinteistössä tehdyistä korjauksista.</p> | | | |
| Avainsanat: | asuinkerrostalot, talotekniikka, korjausvelka, mallinnus, korjausvelkamalli, taloyhtiö | | |
| Kieli: | Suomi | | |

Aalto University
 School of Engineering
 Department of Energy Technology

ABSTRACT OF
 MASTER'S THESIS

| | | | |
|---|--|--------|----------|
| Author: | Pekka Tiilikainen | | |
| Title: | Improving the Renovation Cost Modeling of Apartment Buildings | | |
| Date: | November 14th, 2014 | Pages: | vi + 127 |
| Major: | HVAC-technology | Code: | Ene-58 |
| Supervisor: | Professor Kai Sirén | | |
| Advisor: | Juha Pihlajamäki M.Sc. (Tech.) | | |
| <p>The goal of this thesis was to develop a renovation cost model of apartment buildings based on their year of construction. The aim of the renovation cost model was to provide guiding information about the renovation costs of an apartment building. The sources used were previous studies and other technical information about renovation costs. The gathered information differentiated apartment buildings based on their construction year. The information contained the used heating, ventilation, water, sewage and air-conditioning systems and constructional details with their associated technical lifespans and renovation costs for different repair methods. Cost information about the sewage systems were enhanced with data from Isännöintiliitto's survey. The technical lifespans and real lifespans were compared by studying announced renovations of apartment buildings from their sales advertisements. Especially in systems that need regular replacements, the real lifespans were significantly longer than the technical lifespans. The defining factor for the renovation cost was determined to be the construction year of the apartment building. The construction year defines the lifespans and repair methods of every system in the apartment building, thus affecting the renovation cost. An even larger literature survey would have resulted in a wider margin in the renovation cost between different construction years. The renovation cost model of this thesis estimates the sum of the present value renovation cost of an apartment building based on the information found in the literature review. The model was better suited to provide estimates for a single target than for the whole Finnish apartment building stock. The renovation cost model was estimated to be accurate enough to provide guiding information for potential apartment buyers and housing cooperatives about the renovation cost of a certain apartment building. The goal of the thesis was accomplished, but there is a lot of further development required for the renovation model. It cannot replace full-scale condition survey. This thesis' model can be used to compare different repair methods and what their effect are on the renovation costs as a whole. By inputting renovations already done to the apartment building, the model gives out an estimation for the individual apartment building.</p> | | | |
| Keywords: | apartment buildings, building services, renovation cost, modeling, renovation cost modeling, housing cooperative | | |
| Language: | Finnish | | |

Kiitokset

Diplomityö tehtiin Projectus Team Oy:lle, joka tarjosi erinomaiset tilat ja valmiudet työn tekemiseen.

Työn valvojana toimi Professori Kai Sirén. Haluan kiittää häntä sekä diplomityön valvomisesta että kiinnostavien syventävien kurssien pitämisestä opintojen aikana.

Työn ohjaaja oli diplomi-insinööri Juha Pihlajamäki. Haluan kiittää häntä, Harri Turusta ja Juhana Virkkusta, jotka olivat mukana diplomityötä ideoivissa palaverissa. Heiltä sain ammennettua ajatuksia diplomityön kehittämiseen.

Lisäksi, kiitän Isännöintiliittoa, joka antoi käyttöön kyselytutkimuksiensa tiedon.

Haluan myös kiittää lähiomaisiani kaikesta tuesta ja rohkaisusta, jota olen opintoihini saanut. Erityisesti kiitän vaimoani Miraa. Hänen tukensa ansiosta olen päässyt näin pitkälle.

Espoossa, 14. marraskuuta 2014

Pekka Tiilikainen

Sisältö

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 1.1 | Tutkimuskysymykset | 2 |
| 1.2 | Tavoitteet | 3 |
| 1.3 | Menetelmät | 3 |
| 1.4 | Rajaukset | 3 |
| 2 | Tyypitalon määrittely | 5 |
| 2.1 | Aikaisempi tutkimus ja media | 5 |
| 2.2 | Talotekniset järjestelmät ja rakenteelliset ratkaisut | 8 |
| 2.2.1 | Vesijohdot ja viemärointi | 13 |
| 2.2.2 | Lämmitys | 21 |
| 2.2.3 | Ilmanvaihto | 30 |
| 2.2.4 | Sähkö | 38 |
| 2.2.5 | Ulkoseinärakenne | 41 |
| 2.2.6 | Yläpohja ja välipohja | 55 |
| 2.2.7 | Vesikatto | 60 |
| 2.2.8 | Energiatehokkuus | 64 |
| 2.2.9 | Muut järjestelmät: ikkunat ja salaojat | 68 |
| 2.3 | Johtopäätökset ja tyypitalojen määrittely | 70 |
| 3 | Korjausvelan mallinnus | 75 |
| 3.1 | Myynti-ilmoitukset | 76 |
| 3.2 | Kyselytutkimus putkisaneeerausten kustannuksista | 83 |
| 3.3 | Korjausvelkamalli | 91 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.3.1 | Korjausvelkamallin perusteet | 91 |
| 3.3.2 | Mallin testaus | 96 |
| 3.3.2.1 | Korjausvelkamallin vertailu muihin tutkimuksiin | 96 |
| 3.3.2.2 | Esimerkkitapaus 1 | 101 |
| 3.3.2.3 | Esimerkkitapaus 2 | 104 |
| 4 | Tulosten arviointi ja jatkokehitys | 108 |
| 4.1 | Kirjallisuustutkimus | 108 |
| 4.2 | Myynti-ilmoitusten tarkastelu | 109 |
| 4.3 | Putkisaneraauksien kustannustietojen tarkentaminen | 110 |
| 4.4 | Korjausvelkamalli | 110 |
| 4.5 | Jatkokehitys | 111 |
| 5 | Johtopäätökset | 113 |
| | Kirjallisuus | 115 |
| A | Isännöintiliiton tuloksia | 119 |
| B | Testitapausten tietoja | 124 |

Luku 1

Johdanto

Isännöintiliitto on huolissaan asuntojen hinnoista, sillä niissä ei näy tulevien korjausten aiheuttamat taakat (Isännöintiliitto, 2014). Asuntojen ostajat ja taloyhtiöiden hallitukset eivät saa puolueetonta tietoa asuinkerrostalojen korjausvelasta.

Korjausvelka tarkoittaa sitä rahasummaa, jolla kiinteistö saadaan kunnostettua nykytarpeita vastaavaan kuntoon (Vehmaskoski et al., 2013). Asuinkerrostalojen vaatimustason nousu kasvattaa suoraan korjausvelkaa, kun Suomen ja Euroopan Unionin (EU) lainsäädäntö asettaa kiristyviä vaatimuksia asuinkerrostaloille. Suomen suurin korjausvelkataakka on 60- ja 70-luvun elementtikerrostaloissa, joissa vaaditaan suuria peruskorjauksia. Korjausvelan hallinta vaatii suunnitelmallisuutta. Asuntojen ostajat, isännöitsijät ja taloyhtiöiden hallitukset hyötyisivät yksinkertaisesta tavasta arvioida asuinkerrostalonsa korjausvelkaa.

Valtio on huolestunut kasvaneesta korjausvelan määrästä Suomen lähiöissä. Ratkaisujen löytämiseksi asunto- ja viestintäministeri Pia Vatanen asetti työryhmän selvittämään, kuinka korjausvelkaa voitaisiin vähentää vuosina 2015-2025. Työryhmä esitteli tuloksensa maaliskuussa 2014. Ratkaisuna tarjottiin taloyhtiöiden kannustamista kokonaisvaltaisiin korjausstrategioihin kuntien ja valtion tuella. Kunnille pitäisi tarjota valmiita toimintamalleja kattavan korjausstrategian luomiseen. Työryhmän mukaan taloyhtiöt teettävät ennakoimatta yksittäisiä korjauksia pakon edessä. Tämä voi aiheuttaa ylimääräisiä ja arvaamattomia kustannuksia osakkaille. Työryhmä ehdottaa ratkaisuksi korjaustarvetta ja ylläpitovajetta kuvaavaa mittaria, joka voitaisiin liittää pakolliseksi osaksi isännöitsijätodistusta. (Viikilä, 2014) Nykyisen lain mukaan kiinteistön täytyy tehdä kunnossapitotarveselvitys viideksi vuodeksi, näin lyhyellä aikajaksolla monet suuret korjaustarpeet jäävät arvioimatta. Korjausvelka-asiaa pohtinut työryhmä on tästä samaa mieltä (Viikilä, 2014).

Kiinteistön isännöintitodistuksessa on merkittynä kohteessa tehty merkittävät korjaukset ja suunnitteilla olevat toimenpiteet, jotka voivat vaikuttaa kiinteistön käyttöön tai käyttökustannuksiin (FINLEX, 2010). Ongelmana on epätarkka tieto. Pienempiä korjauksia voidaan jättää ilmoittamatta. Isännöitsijätodistuksesta löytyvät tiedot korjauksista ovat asuntojen myynti-ilmoituksissa ja voidaan kysyä saako ostaja riittävästi tietoa kiinteistön nykytilanteesta. Isännöitsijätodistuksen tulevien korjausten ja tutkimuksien osassa täytyy esittää vain suunnitellut toimenpiteet. Jos asunto-osakeyhtiöllä ei ole riittävästi tietoa ja taitoa arvioida ongelmia, monet oleelliset korjaukset jäävät mahdollisesti pois. Kiinteistössä voi silti olla esimerkiksi tarvetta teknisen käyttöiän perusteella tehdä korjauksia.

Keskiverto asunnon ostaja ei tiedä paljoa rakennusten rakenteista ja talotekniikasta. Ostaja ei osaa esittää oikeita kysymyksiä ja joutuu tekemään suuren taloudellisen päätöksen puutteellisin tiedoin. Savolaisen tutkimuksessa käsiteltään millaista informaatiota ja kuinka paljon ostajat saavat ja tarvitsevat asunto-ostoksilla (Savolainen, 2009). Asunnon ostajat tarvitsevat tietoa kun he ovat tekemässä viimeistä tarjousta asunnosta, mutta puolueetonta tietoa ei usein ole saatavilla asuntojen hinnoista (Savolainen, 2009).

Ympäristöministeriö säati vuonna 2013 asetuksen korjausrakentamisen yhteydessä tapahtuvista energiatehokkuuden parannuksista. Säädöksessä on muun muassa tietyt energialuokitukset ja energiatehokkuusminimit eri rakennustyypeille ja suositeltuja toimenpiteitä kuten lämmöntalteenotto. (Kauppinen, 2013). Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan energiatehokkuuden muutosten tulee olla teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa, muutoin niitä ei täydy tehdä luvanvaraisia korjaus- ja muutostöitä tehdessä (FINLEX, 2012). Ympäristöministeriön tarkoitus on kannustaa tekemään energiatehokkuutta parantavia korjauksia muiden korjausten yhteydessä, koska tällöin ne ovat kustannustehokkaampia, ne hyödyttävät kiinteistöä ja ovat osa suunnitelmallista kiinteistön ylläpitoa, eikä niitä tulisi pitää rasitteena (Kauppinen, 2013).

Tämä diplomityö pohtii, onko asuinkerrostalojen rakentamisajan perusteella mahdollista tarjota suuntaa antavaa arviota korjausvelan määrästä. Tutkimuksella pyritään yleistämään tietoa eri aikakausien asuinkerrostaloista. Tiedon avulla mallinnetaan asuinkerrostalojen korjausvelkaa. Tieto korjausvelasta hyödyttää kiinteistöjen omistajia, kun tehdään päätöksiä tulevista korjauksista. Asuntojen ostajat voivat arvioida korjausvelasta kiinteistön laatua ja arvoa.

1.1 Tutkimuskysymykset

Tämän diplomityön tutkimuskysymyksenä on, voidaanko asuinkerrostalojen korjausvelkaa arvioida niiden rakentamisvuoden perusteella. Tähän pyritään löytä-

mään vastaus selvittämällä seuraavia seikkoja:

- Onko saman aikakauden asuinkerrostalojen korjausveloissa yhtäläisyyksiä?
- Millaisia taloteknisiä järjestelmiä ja rakenteellisia ratkaisuja on käytetty eri aikakausina?
- Millaisia heikkouksia taloteknisillä järjestelmillä ja rakenteellisilla ratkaisuilla on? Mikä niiden käyttöikä on ja kuinka suuri hinta korjaamisella tai uusimisella on ja millainen käyttöikä lisäys tällöin saavutetaan?
- Onko saman aikakauden asuinkerrostaloihin käytetty samoja korjausrakentamisen menetelmiä?

1.2 Tavoitteet

Tämä diplomityö pyrkii löytämään kustannustehokkaan tavan antaa ohjaavaa tietoa asuinkerrostalon korjausvelasta. Tämä tieto kertoo asuinkerrostalon tulevista korjauksista ja niiden kustannuksista. Sivutavoitteena on koota yhteen tietoa aiemmin tehdyistä tutkimuksista ja esittää eri aikakausien talotekniset järjestelmät, rakenteelliset ratkaisut ja niiden heikkoudet ja korjausvelat selkeässä muodossa.

1.3 Menetelmät

Ensisijaisena menetelmänä diplomityössä käytetään kirjallisuustutkimusta, jolla pyritään selvittämään ja koostamaan mahdollisimman paljon tietoa eri aikakausien asuinkerrostalojen taloteknisistä järjestelmistä ja rakenteellisista ratkaisuista. Tutkimustietoa on paljon, mutta se on hajaantunutta. Näiden perusteella pyritään luomaan korjausvelkamalli antamaan ohjaavaa tietoa asuinkerrostalon korjausvelasta sen rakentamisvuoden perusteella.

1.4 Rajaukset

Tässä työssä tavoitteena olevaa korjausvelkamallia voitaisiin hyödyntää muissa kiinteistöissä kuin asuinkerrostaloissa. Diplomityön rajatun koon vuoksi, tässä työssä rajataan tutkimusalue asuinkerrostaloihin. Suuri määrä tutkimustietoa

on Suomessa koottu pääkaupunkiseudun ulkopuolelta. Pääkaupunkiseudun ulkopuolella sijaitsee 65% Suomen asuinkerrostalokannasta kerrospinta-alan mukaan (tilasto, 2014). Tämän vuoksi tässä työssä alueena on koko Suomi.

Asuinkerrostaloja on rakennettu 1880-luvulta asti. Vanhojen asuinkerrostalojen yksilöllisen luonteen ja historiallisen arvon vuoksi tässä työssä rajataan käsiteltävä aika-alue vuosiin 1950-1999. Alkupään kerrostaloihin on tehty yleensä yksi peruskorjaus ja toinen peruskorjauskierros on tulossa. Vuosien 1960-1980 asuinkerrostalot ovat nyt peruskorjausiässä. 1990-luku otettiin mukaan, koska sen ajan asuinkerrostalot edustavat modernia asuinkerrostalorakentamista. Asuinkerrostalorakentamisessa on 2000-luvulla nousevana trendiä ollut matala- ja passiivien energiatalojen rakentaminen suuremmassa mittakaavassa. 2000-luku rajataan tämän työn ulkopuolelle. Suurin osa asuinkerrostalokannasta on rakennettu ennen 2000-lukua.

Luku 2

Tyypitalon määrittely

Tässä luvussa:

- 2.1 Tehdään katsaus aikaisempiin tutkimuksiin tämän diplomityön aiheesta ja sen näkyvyydestä mediassa.
- 2.2 Tutkitaan kirjallisuudesta löytyvää tietoa asuinkerrostalojen taloteknisistä järjestelmistä ja rakenteellisista ratkaisuista.
- 2.3 Esitetään kirjallisuustutkimuksen tulokset ja määritetään eri aikakausille tyypillinen asuinkerrostalo.

2.1 Aikaisempi tutkimus ja media

Suomen ammattikorkeakouluissa on tehty useita opinnäytetöitä korjausrakentamisesta ja asuinkerrostalojen talotekniikasta ja rakenteista. Näissä painotuksena on yleensä jokin käytännön näkökulma, kuten yksi linjasaneerattava asuinkerrostalo jota tarkastellaan. Muutamia näistä käytetään tässä diplomityössä lähteenä, koska ne antavat käytännön näkökulmaa eri aikakausien asuinkerrostalojen korjausrakentamiseen. Yksittäisten kohteiden perusteella ei voida tehdä laajoja yleistyksiä, joten lähteitä tarvitaan useita erilaisia.

Köliö on käyttänyt diplomityössään kvantitatiivisia menetelmiä ja muodostanut diplomityössään yleistyksiä aikakausille tyypillisistä asuinkerrostalojen julkisivuista ja niiden teknisistä korjaustarpeista (Köliö, 2011). Riittävällä tiedolla pysyy siis tekemään yleistyksiä. Köliön työ on osa laajempaa tutkimusprojektia (Lahdensivu et al., 2010) jota Tampereen Teknillinen yliopisto on tehnyt. Tutkimuksen tavoitteena oli lisätä kiinteistöjen omistajien tietämystä betonijulkisivujen vauriomekaniikoista, jotta julkisivurakenteita osattaisiin korjata ennal-

taehkäisevästi. Betonijulkisivujen korjausstrategiassa käytettiin aiemmin kerättyä tutkimusaineistoa 1960-2000 välillä rakennetuista asuinkerrostaloista. Tutkimusaineistossa oli yli 700 kohteesta julkisivujen kuntotutkimuksia. Kuntotutkimuskohteiden kautta saaduista aineistoista tehtiin ennakoiva malli julkisivujen ja parvekkeiden vaurioitumiselle. Sovelluksessa asuinkerrostalon julkisivutyypin, sijainnin ja rakentamivuoden perusteella saa tiedon arvioiduista tarpeista julkisivukorjauksille. (Lahdensivu et al., 2010) Köliö korostaa diplomityössään, että vauriomallinnuksen tarkoitus ei ole tarjota yksittäiselle rakennukselle sen tarvitsemaa korjausratkaisua, vaan tarjota suuremmassa mittakaavassa rakennusjoukon korjaustarpeen arviointia (Köliö, 2011). Mallilla arvioidaan asuinkerrostalokannan julkisivujen korjausvelkaa ja sen tavoite on täten erilainen kuin tämän työn korjausvelkamallin.

Diplomitöitä ja väitöskirjoja oli tehty suppeista aiheista, kuten 60-70 lukujen asuinkerrostalojen julkisivujen pakkasvaurioista. Näissä tapauksissa tieto on tarkkaa ja tieteellisesti tutkittua. Töitä täytyi löytää useita, jotta niistä saatiin koostettua jokaisen aikakauden asuinkerrostaloille tyypilliset ratkaisut, ongelmat, kustannustietoutta ja teknisiä käyttöikiä.

Rakennustieto on kerännyt tehokkaasti yksiin kansiin (Neuvonen et al., 2006) eri aikakausien asuinkerrostalojen tyypillisiä ratkaisuja sekä rakenteellisesta että taloteknisestä näkökulmasta. Joissain tapauksissa nämä tiedot eivät kuitenkaan ole kovinkaan tarkkoja vaan jäävät hyvin yleiselle tasolle. Rakennustiedon kirja ei ota myöskään kantaa ratkaisujen kustannuksiin.

Rakennustiedolta löytyy laskentataulukossa toimiva käyttöikälaskin (Rakennustieto, 2009), johon sijoitetaan oman kiinteistön rakentamivuosi ja valitaan mitä laitteita ja rakenteita on. Tämän jälkeen käyttöikälaskin kertoo kuinka paljon käyttöikää on jäljellä kyseisillä järjestelmillä ja suosittelee tarvitseeko niitä vielä huoltaa. Käyttöikälaskimen laskut perustuvat Rakennustiedon ohjekorttiin, mutta ei sisällä ohjekortissa olevia käyttöärasituksien vaikutusta tai tiettyjen aikakausien ongelmia (RT18-10922, 2008).

On olemassa vanhempi Rakennustiedon ohjekortti, jossa ei huomioida eri rasi-tusasteita ja ajat ovat keskimäärin pidempiä kuin uudemmassa. Vaikuttaa siltä, että esimerkiksi nykyisissä isännöitsijätodistuksissa ja hankesuunnitelmissa käytetään osittain käyttöikiä vanhemmasta ohjekortista. Syynä voi olla pidemmät käyttöiät, jotka näyttävät paremmalta, kun niitä esitetään päättäjille.

Kahdella japanilaisella firmalla on patentejä ohjelmille, jotka pyrkivät antamaan tietulle kiinteistölle tarkennettuja korjausratkaisuja. Ratkaisu perustuu kiinteistössä kuluihin ja niissä käytettyihin ratkaisuihin. (Taniguchi, 2009; Toyoda et al., 2003) Man et al. tutkimus esitteli systemaattisen tavan valita yksittäiselle kohteelle paras korjausrakentamisen vaihtoehto. Tavoitteena oli kustannukseltaan

optimaalinen ratkaisu, joka on samalla energiatehokas ja vakaa ympäristön kannalta. Tutkimuksen systemaattisen mallin kohteena olivat tutkijat ja käytännön toimijat rakennusosalalla. (Ma et al., 2012) Man et al. esittelemä malli vaikutti tarkalta, mutta monimutkaiselta. Sillä ei ole suoraa käyttöarvoa tämän työn kannalta, koska malli oli vielä teorian asteella. Siinä ei esitelty kustannusarvioita eikä käyttöikiä, jotka ovat korjausvelan mallintamisen kannalta tärkeitä.

Balarasin et al. tutkimuksessa selvitettiin seitsemän Eurooppalaisen maan asuinkerrostalojen osien rappeutumisen syitä ja käyttö-ikiä. Tutkimus perustui Investimmo nimiseen malliin ja ohjelmistoon. Mallin mukaan jaetaan asuinkerrostalo 8 pääryhmään, jotka jakautuvat useampaan alaryhmään. Pääryhmiä ovat esimerkiksi kantava rakenne, julkisivu ja katto. (Balaras et al., 2005) Jakauma on suoritettu huomattavasti tarkempiin alakokonaisuuksiin kuin tässä diplomityössä. Selvitys perustui asuinkerrostaloissa tehtyihin kuntotarkastuksiin, jossa silmäääräisesti määritettiin yksittäisten osien kunnot neljään eri luokkaan, riippuen korjaustarpeen määrästä tai osan puuttumisesta. Tutkimuksessa havaittiin käyttöikien vaihtelevan maiden välillä. Rakennuksen ikä oli määräävä tekijä rappeutumisessa. Tuloksena oli asuinkerrostalon eri osien käyttöikien arvio Euroopassa. (Balaras et al., 2005) Tämän työn malli pyrkii keskittymään suomalaisiin asuinkerrostaloihin, mutta jatkokehitystä ajatellen Investimmo-mallin tietokannan hyödyntäminen voisi laajentaa mallin hyödyllisyyttä Suomen ulkopuolelle. Valitettavasti mallin lataussivut olivat vanhentuneet ja ohjelmistoa ei enää löytynyt tarkempaa tutkimusta varten.

Korjausrakentaminen on kansainvälinen aihe. Diplomityön aiheesta tietoa hakiessa painoarvo korjausrakentamisessa vaikutti olevan energiatehokkuuden parantamisessa. Ruotsalaisessa tutkimuksessa optimoitiin korjausrakentamisen yhteydessä tapahtuvaa rakenteiden lisäeristämistä ja ikkunoiden lämmöneristävyyttä kustannuksen ja energiatehokkuuden näkökulmasta. (Bonakdar et al., 2014). Kansainvälinen asunto- ja yhdyskuntasuunnittelujärjestö piti konferenssin vuonna 2011, joka pyrki selvittämään keinoja kehittää taloudellista vakautta alalla. Yksi laajemmista kokonaisuuksista oli korjausrakentaminen. Sen painopisteenä vaikutti olevan energiatehokkuus. Yksi korjausrakentamisen aiheista oli Siim Linkin ja Ülo Kaskin tutkimus erilaisten korjaustoimenpiteiden vaikutuksesta rakennusten energiatehokkuuteen Virossa. (*The impact of Housing and Planning on the Economic Environment* 2011) Tämä muistuttaa Uotilan tekemää diplomityötä, jossa selvitetään eri korjaustoimenpiteiden vaikutusta asuinkerrostalon energiatehokkuuteen Suomessa (Uotila, 2012). Liu et al. tutkivat vastaavasti yhdentoista vaihtelevan asuinkiinteistön teoreettista energiansäästöpotentiaalia simuloinnilla. Rakennusvuodet vaihtelivat ja yhdeksän taloista oli rakennettu tämän työn aikarajoituksien sisällä. Tuloksena oli teoreettisesti keskimäärin 50%:n energiansäästö vuoteen 2050 mennessä. (Liu et al., 2014)

Suomen ympäristöministeriö on julkaissut vuonna 2007 korjausrakentamisen strategian (Hakaste, 2007) ja strategian toimeenpanosuunnitelman vuonna 2009 (Hakaste, 2009). Strategian mukaan valtaosa 60- ja 70-luvun asuinkerrostaloista tulee 2010- ja 2020-luvuilla peruskorjausikään. Pääkorjauskohteina tulee olemaan LVI-järjestelmät ja julkisivut. Kansainväliset ilmastopöytätyöt aiheuttavat tarvetta vähentää rakennuskannan kasvihuonekaasupäästöjä. Koska Suomen rakennuskannasta uudistuu vain noin prosentti vuodessa, täytyy suurin muutos tapahtua nykyisen kannan korjausrakentamisessa. Kiinteistönpidossa on suuria puutteita ja suunnitelmattomuus pitkällä aikavälillä lisää korjauskuormaa. Tästä johtuen yksi korjausstrategian toimeenpanevista tavoitteista on kouluttaa kiinteistöjen huollosta vastaavia. (Hakaste, 2009) VTT:n tutkimuksen mukaan vuonna 2000 tehtyihin korjausrakennuspäätöksiin osallistui asunto-osakeyhtiöissä hallitus 75% tapauksista, isännöitsijä 45% tapauksista ja yhtiökokous 25% tapauksista (Vainio et al., 2002).

Asuntorahaston (ARA) rahoittaman projektin ”Kerrostalon ilmastomuutos - energiatalous ja sisäilmasto kuntoon” (KIMU) lopputuloksissa todetaan, että taloyhtiöt suorittavat lähinnä välttämättömiä korjaustoimenpiteitä, eivät ennakoivia energiansäästötoimenpiteitä (Palonen, 2011). Tästä johtuen, ympäristöministeriö ehdottaa säännöksiä asettamista korjauksille (Kauppinen, 2013). Maankäyttö- ja rakennuslaki määrittelee väljästi, kuinka korjausrakentamista voidaan määrätä paikallisella tasolla, mutta ympäristöministeriön selvityksen mukaan tässä on liikaa vaihtelua ja viranomaisohjauksen korjausrakentamisessa tulisi olla selkeämpää (Hakaste, 2009). On siis mahdollista, että viranomaistahoilta saadaan tulevaisuudessa tarkempia vaatimuksia korjausrakentamisesta.

Tämän työn tavoitteena oleva malli pyrkii olemaan avustava työkalu kiinteistöjen omistajille suunnitella asuinkerrostalojen tulevia huoltoja ja niiden ajoituksia.

2.2 Talotekniset järjestelmät ja rakenteelliset ratkaisut

Tässä osiossa perustellaan ensin asuinkerrostalojen jaotteluun käytettyjä aikakausia ja mitä yleistietoa löydettiin kyseisistä aikakausista. Seuraavaksi selvitetään yleisellä tasolla asuinkerrostalojen korjausrakentamisen tilannetta Suomessa ja mitä syitä on korjausrakentamiseen. Lopuksi tarkastellaan käyttöikä ja yleisien saneerausten kustannuksia.

Asuinkerrostalojen jaottelu eri aikakausille perustuu Neuvosen et al. ja Mäkiön et al. (Neuvonen et al., 2006; Mäkiö et al., 1990) suorittamaan laajaan tutkimus-

työhön eri aikakausien asuinkerrostalojen tyypillisistä taloteknisistä järjestelmistä ja rakenteellisista ratkaisuista. Heidän jaottelunsa perustuu muunmuassa runkotyyppien yleisyyteen vuosittain. Esimerkiksi elementtirakentamisen aikakaudelle tyypillinen kirjahyllyrunko yleistyi vasta 60-luvulla, koska 50-luvun lopulla sitä oli tutkitusta talokannasta vain 2% (Mäkiö et al., 1990).

50-luvulla elettiin voimakasta muutosaikaa rakentamisessa ja tämä näkyy ajan asuinkerrostaloissa ratkaisujen laajempaan kirjona (Neuvonen et al., 2006, s. 88). Muutos aikaan vaikutti sodanjälkeisen pula-ajan päättymisen, mutta myös kustannuskysymykset jotka ajoivat etsimään kustannustehokkaampia tapoja rakentamiseen (Mäkiö et al., 1990, s. 46-47). Suomessa siirryttiin sodan aiheuttaman suuren rakentamistarpeen vuoksi liian nopeasti elementtirakentamiseen, jonka seurauksena tuli pahoja virheitä 60-luvun elementtitaloihin (Mäkiö et al., 1990, s. 155). Painopiste oli määrällisten tavoitteiden täyttymisellä, johon pyrittiin sarjatuotteistamalla asuinkerrostalojen osien rakentaminen, tekemällä niistä mahdollisimman samankaltaisia (Neuvonen et al., 2006, s. 142-143).

Ruotsin tilanne vastasi Suomea, kun asuntojen pulan vuoksi tehtiin 50-luvulla nopeasti ja löyhällä laadulla rakennuksia. Ruotsin parlamentin ratkaisu oli miljoonaohjelma, joka vastaa Suomen betonielementtistandardia. Miljoonaohjelma määräsi rakentamisen laadun ja asetti tavoitteen rakentaa miljoona asuntoa kymmenessä vuodessa, vuoteen 1975 mennessä. Tämän ohjelman avulla saatiin nostettua rakentamisen laatua nopeassa betonirakentamisessa. Lopputuloksena oli tylsännäköisiä neliöitä, jotka eivät olleet energiatehokkaita. (Faludi ja Tuvešson, 2012). Vastaavia ongelmat on Suomen 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostaloissa. Miljoonaohjelman asunnoista on tullut Ruotsissa ongelma. Vuonna 2012 60- ja 70-luvun asuinkerrostalot tulivat korjausikään ja kukaan ei halua muuttaa näihin miljoonaohjelman aikaisiin asuntoihin, vaan muuttavat mieluummin niistä pois (Faludi ja Tuvešson, 2012). Ruotsissa ollaan havaittu korjauspuolella potentiaali yhteistää keskenään samankaltaisten betonilähiöiden peruskorjaus (Göranšson ja Hultkvist, 2013).

Muissa maissa, kuten Ruotsissa, tehtyjä tutkimuksia tulee katsoa kriittisellä silmällä. Esimerkiksi ilmasto ja rakennusratkaisut voivat olla erilaiset kuin Suomessa. Ruotsissa siirryttiin aikasemmin ja paremmalla osaamisella elementtirakentamiseen, jolloin heidän 60-70 luvun elementtikerrostalonsa ovat huomattavasti paremmin tehtyjä kuin Suomen vastaavat. Suurin osa Ruotsin asuinkerrostalokannasta on etelämmässä kuin Suomen.

Käyttöiät ovat kirjallisuuslähteistä löydettyjä arvioita, joiden ei voida sanoa pätevän kaikissa tapauksissa. Rakennustiedon käyttöikien ohjekortti (RT18-10922, 2008) antaa arvioita raskaassa ja kevyessä käytössä oleville järjestelmille, mutta ei kata äärimmäistapauksia. Tästä syystä käyttöikiä täytyy arvioida kriittisesti,

kun mietitään yksittäistä asuinkerrostaloa ja sisällyttää asuinkerrostalojen kuntosuunnitelmiin järjestelmien tarkkailu, jotta havaitaan ongelmakohdat ajoissa. Nämä tarkasteluvälit on esitetty Rakennustiedon ohjekortissa (RT18-10922, 2008). Halutessa löytää yleisiä piirteitä eri aikakausien taloteknisille järjestelmille, voidaan käyttää kokemuseräisiä keskiarvoja. Tarkka asiantuntijan tekemä kuntotutkimus on ainoa luotettavampi tapa saada tarkkaa tietoa tietyn asuinkerrostalon rakenteellisten ja taloteknisten järjestelmien jäljellä olevasta käytöstä.

Asumisen rahoitus- ja kehittämisskeskuksen (ARA) tutkimuksessa laskettiin tulevaa peruskorjauksesta aiheutuvia kustannuksia kahdeksalle 1990-2003 vuosina rakennetuille yhteisöille (Anttila et al., 2012). Aikaväli ylittää tämän työn rajauksen, mutta on riittävän lähellä jotta sitä voidaan hyödyntää. Toisaalta osassa yhteisöistä on enemmän rivitaloja kuin asuinkerrostaloja, jolloin tulosten soveltuvuus asuinkerrostalojen näkökulmasta voi olla virheellinen. ARA:n yleistyksen mukaan noin kolmannes rakennuskannasta on peruskorjattu ja nämä on rakennettu ennen vuotta 1969 (Anttila et al., 2012).

ARA:n arvioidut peruskorjauskustannukset tutkittaville asuinkerrostaloille vaihtelivat välillä 600-2000 €/m². Tarkempi kustannusten erittely oli vain yhdelle, vuonna 1990 rakennetulle asuinkerrostalolle. Tarkasteltaessa koko elinkaaren aikaisia kustannuksia, merkittävimiksi muodostuivat vesijohdot ja viemärit, märkätilat ja kiintokalusteet sekä ulkoseinä, ikkunat ja ovet. (Anttila et al., 2012) Tiivistetysti voi sanoa, että linjasaneeraus, johon useimmiten sisällytetään märkätilojen ja kiintokalusteiden kunnostus tai uusinta, ja julkisivukorjaukset ovat suurimmat asuinkerrostaloon kohdistuvista peruskorjaustarpeista. Tässä työssä muut tarkasteltavat rakenteet ja talotekniset järjestelmät, kuten yläpohja, välipohja, vesikattorakenteet, lämmitysjärjestelmä ja sähköjärjestelmä, eivät ole yhtä merkittäviä kokonaisuuksia ja niitä voidaan kunnostaa linjasaneerausten ja ulkosivukorjausten yhteydessä jolloin niiden erilliset kustannukset laskevat.

VTT:n korjausrakentaminen 2000-2010 tutkimus (REMO 2000) pyrki selvittämään nykyisen korjaustoiminnan arvoa, sen kohdentumista rakennuskantaan, tehtyjä korjaustoimenpiteitä ja niiden syitä. Korjausrakentamisesta Suomessa ei valitettavasti ole olemassa säännöllisesti kerättävää tietoa. VTT:n tutkimuksessa käsiteltiin asuinkerrostalojen lisäksi muita rakennustyypppejä (Vainio et al., 2002). Suurimmalle osalle sieltä saatavasta prosentuaalisesta tiedosta, esimerkiksi korjausrakentamisen yleisyydestä tietyn aikakauden rakennuksille, on rajallinen hyöty tähän työhön.

Selkeä taitekohta on vuodessa 1990 (Vainio et al., 2002). Koska 1960 ja 1970 luvulla rakennettiin paljon asuinkerrostaloja, vuosina 2000-2010 niitä korjataan edelleen merkittävässä määrin. Uudempien asuinkerrostalojen korjausrakentaminen

Taulukko 2.1: Vuonna 2000 toteutuneiden asuinkerrostalojen korjauskustannusten jaottuminen eri rakennusvuosikymmenille (Vainio et al., 2002).

| Vuosiluku | Osuus [%] | Korjauskustannus [milj.€] |
|-----------|-----------|---------------------------|
| <1960 | 22 | 310 |
| 1961-1970 | 28 | 395 |
| 1971-1980 | 31 | 437 |
| 1981-1990 | 15 | 212 |
| 1991-2000 | 4 | 56 |
| Yhteensä | 100 | 1410 |

lisääntyy vuoteen 2000 verrattuna, jolloin nähdään korjausrakentamisessa 40% kasvu (Vainio et al., 2002).

Vuonna 2000 asuntoyhteisöihin kohdistuneista korjauksista, johon oli luettu rivitalot, 70% oli rakennusteknistä työtä. Toiseksi suurin osuus oli LVI-töillä 17%:ssa. Kaikissa rakennuksissa korjausrakentaminen ulkovaipassa oli yleisintä 1960- ja 1970-luvuilla rakennetuissa taloissa. Vesikatteissa painottuivat 1960-luvun rakennukset. Lämmitys-, vesi- ja viemärijärjestelmien yleisin korjauskustannusten aiheuttaja oli rikkoutuneen järjestelmän korjaus, sen jälkeen järjestelmän uusiminen tai korjaaminen ennen rikkoutumista olivat yhtä yleisiä. Koska suuri osa rakennuskannasta toimii edelleen painovoimaisella ilmanvaihdolla, oli ilmanvaihdon korjaus ja varustetason lisääminen yhtä yleisiä korjauskustannusten syitä. Vuodesta 1990 eteenpäin oli tavallisempaa, että taloteknisiin järjestelmiin suoritettiin vähemmän muutoksia, koska koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto olivat vakioita ja rakennusmääräykset olivat tiukemmat. Sähköjärjestelmissä yleisin syy 37%:n osuudella oli varusteiden lisäys ja parantaminen ennen vuotta 1990 rakennetuissa rakennuksissa, koska niiden sähköjärjestelmien taso haluttiin nostaa nykyaikaiseksi. (Vainio et al., 2002) Tässä täytyy kuitenkin huomioda, että VTT:n tutkimuksessa käsiteltiin koko rakennuskantaa. Asuinrakennuksissa yleisin syy taloteknisille korjauskustannuksille oli rikkoutumiset, kun taas toimitiloissa tilamuutokset ja varustetason parantaminen. (Vainio et al., 2002).

1970- ja 1980-luvun märkätiloja vaivaavat usein kosteusongelmat. Rakennusmääräykset märkätiloille ovat kasvaneet, siksi suuri osa korjauskustannuksista märkätiloihin on varustetason parannusta ja tilamuutoksia. Sisätiloissa on sama jakauma toimitilojen ja asuinrakennusten välillä, toimitiloissa enemmän tilamuutoksia ja asuinrakennuksissa enemmän vaurioiden korjaamista. (Vainio et al., 2002)

Linjasaneerausten yhteyteen suunnitellaan muitakin asuinkerrostalon peruskor-

jauksia. Tämä näkyy linjasaneerausten hankesuunnitelmista, joissa on tehty erilaisia selvityksiä asuinkerrostalojen kunnosta ja päädytty ratkaisuihin joissa vesija viemärijärjestelmien yhteydessä korjataan ilmanvaihtoa, vesikattoa, parvekkeita, sähköjohdotuksia ja vastaavia. Hankesuunnitelmien kustannusarviot eivät ole yhtä päteviä mittareita kustannuksista kuin toteutuneet kustannukset, mutta niiden kautta voidaan arvioida tällaisen kokonaiskorjauksen eri osien kustannukset toisistaan. Rakenteellinen korjaustyö on aina kalleinta, seuraavaksi kalleinta ovat LVI:n liittyvät työt ja suhteessa halvinta ovat samassa yhteydessä sähkötyöt. Rakenteisiin kohdistuvien kustannusten suuri osuus tekee muut työt kannattavaksi linjasaneerauksen yhteydessä. Esimerkiksi jos täytyy aukaista seinärakenteita, sinne on helppo samalla asentaa uusia ilmanvaihtokanavia tai uusia sähköjohdotuksia. Neljän linjasaneerauksen hankesuunnitelman keskiarvo rakennustöiden kustannuksien osuudelle oli 54%, LVI-töiden 32% ja sähkötöiden 14%.

Uotilan arvion mukaan perusteellinen julkisivukorjaus maksaa keskimäärin $125\text{€}/\text{asm}^2$ ja yhdistetty LVIS-peruskorjaus maksaa $435\text{€}/\text{asm}^2$ (Uotila, 2012), eli yhteensä keskimääräinen peruskorjaus asuinkerrostalolle kokonaisuutena maksaisi $560\text{€}/\text{asm}^2$. Tällöin asuinkerrostalon yleinen kunto vastaa uutta.

ARA:n tutkimuksessa arvioitiin vuonna 1990 rakennetun asuinkerrostalon peruskorjausten summaksi $1282\text{€}/\text{m}^2$. Peruskorjauksissa on huomioitu vuosina 2012-2027 toteutuvat korjaukset. (Anttila et al., 2012)

Seuraavaksi selvitetään kirjallisuudesta mitkä ovat eri aikakausille tyypilliset talotekniset järjestelmät ja rakenteelliset ratkaisut niiden korjauskustannuksineen. Alaosien alussa on yleisesti havaitut asiat kyseisestä asuinkerrostalon osasta ja sen jälkeen jaoteltuna eri aikakausille löytyneet rakenteet, käyttöiät ja lopuksi kirjallisuuden kustannusarviot osan korjaamiseen tai uusimiseen. Tässä työssä tutkittavat rakenteet ovat:

- Vesijohdot ja viemärointi
- Lämmitys
- Ilmanvaihto
- Sähköjohdot
- Ulkokuori
- Yläpohja ja välipohja
- Vesikatto

- Energiatehokkuus
- Salaojat
- Ikkunat

2.2.1 Vesijohdot ja viemäröinti

Putkien uusiminen sopii aina korjausvaihtoehdoksi, tällöin uusien putkien suunniteltu käyttöikä on vähintään 50 vuotta (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). Tässä vaihtoehdossa joudutaan aukaisemaan rakenteita, mutta samaan yhteyteen voidaan sijoittaa ilmanvaihtoon ja sähkötekniikkaan liittyviä korjauksia, jolloin rakennustyön osuus yhdistyy.

Sujutusmenetelmä muodostaa uuden putken vanhan putken sisälle ja pinnoituksessa tehdään työmaalla pinnoitusmassa, jolla uusitaan vanhan putken sisäpinta. Pinnoittaessa vanhan putket tulee olla riittävän hyvässä kunnossa, koska se toimii kantavana putkena. Sujuttaessa uusi putki vanhan sisällä kantaa itsensä. Käyttövesiputkia ja viemäreitä pinnoittamalla tai sujuttamalla saavutetaan 10-20 vuoden käyttöiän lisäys. (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) Vanhemmissa putkistoissa täytyy ottaa huomioon messinkiset osat ja muut tyypilliset ongelmat, jotka vaativat joka tapauksessa uusimista.

Eräässä hankesuunnitelmassa asuinkerrostalon putkisaneeraukselle väitettiin, että sujutus periaatteessa vastaa uutta viemäriä. Tämän voi kyseenalaistaa. Vaikka sujuttaminen pidentää nykyisen järjestelmän käyttöikää, lopulta putket on uusittava täysin ja siten se ei vastaa täysin uutta viemäriä (Palonen, 2011). Vakuutusyhtiöt eivät rinnasta sujutettuja vanhoja putkia ja uusia putkia (Palonen, 2011).

Putkistoihin muodostuvat kerrostumat häiritsevät veden kiertoa järjestelmässä (Palonen, 2011). Ehkäiseviä keinoja välttää putkistojen kalkkeutuminen on jo kehitetty. Esimerkiksi Bauerin sähköinen järjestelmä muuttaa kalkki-ionit kalkkikiteiksi, jotka eivät pysty enää tarttumaan pintoihin (Palonen, 2011).

Yleisenä havaintona VTT:n tutkimuksessa todettiin viemäriputkien raskaampien korjausten alkavan yleistyä 30 vuoden iässä, vesijohtojen korjausten alkaessa hieman aiemmin. Eniten korjauksia tehtiin 2000-luvulla 1970-luvun kiinteistöihin. (Vainio et al., 2002)

1950-luvulla valmistuneet asuinkerrostalot

50-luvulla kylmävesijohdot olivat sinkittyä terästä ja loppupuolella vuosikymmentä mahdollisesti kuparia. Lämminvesijohdot olivat kuparia, niiden lämpö-

eristeenä käytettiin eristysmassaa, lasivilla-, vuorivilla- tai aaltopahvimuotteja. Aaltopahvieristeessä on ohjeiden mukaan käytetty asbestikerrosta. Viemäriputket olivat muhvollisia valurautaputkia. Putkistot sijoitettiin tiilimuurien sisään tai putkiroiloihin ilmanvaihtokanavien yhteyteen. (Neuvonen et al., 2006, s.113) 1954 tuli käyttöön putkivalumenetelmä, joka paransi huomattavasti viemäriputkien laatua, verrattuna aiempaan hiekkavaluun. Muhvien liitos tehtiin tiiviste-narulla tai lyijyllä. (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) 50-luvulla määräykset kielsivät rakennuksen sisällä muovin käyttämisen viemäriputkissa (Mäkiö et al., 1990, s. 165).

50-luvulla käytettyä sinkittyä terästä ei käytetä enää korjausrakentamisessa, sen on yleisesti korvannut ruostumaton teräs ja kupari. Korroosiota sinkityissä teräs-putkissa aiheuttaa valmistuksen epätasainen laatu, virheelliset asennukset, liian hidas veden virtausnopeus ja veden laatu. Kuparin käyttöä ennen sinkittyä terästä tulee välttää, koska liuennut kupari nopeuttaa sinkin korroosiota. Tanskalaisen tutkimuksen mukaan optimaalisissa olosuhteissa sinkityn teräksen käyttöikä on 30 vuotta. Sinkittyä terästä ei ole asennettu kylmävesijohtoihin 1970-luvun jälkeen. (Kekki et al., 2008) Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaikki sinkityt teräsputket 50- ja 60-luvulta tulisi olla jo korjattu ja vaihdettu uudempiin materiaaleihin. Tämän vahvistaa Rakennustiedon ohjekortti, jonka mukaan sinkitty teräsputki on saavuttanut käyttöikänsä ja sitä voi olla enää jäljellä kevyessä käytössä olleissa kohteissa, joissa käyttöikä voi olla jopa 60 vuotta (RT18-10922, 2008). Normaalikäyttö asuinkerrostaloissa on raskaampaa putkistolle. VTT:n tutkimus mainitsee ruotsalaisen tutkimuksen perusteella käyttöiäksi 30-50 vuotta (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). Jos jossain 50-luvun asuinkerrostalossa on vielä alkuperäisiä sinkittyä terästä olevia putkia, niiden kunto ja veden laatu tulisi tarkistaa.

Kupari oli 50-luvulla lämminvesijohdoissa pääasiallinen materiaali ja se on käytössä nykyään sekä korjausrakentamisessa, että uudisrakentamisessa (Kekki et al., 2008). Yleisin vauriomekanismi on korrosio, jonka nopeuteen vaikuttaa monta tekijää (Kekki et al., 2008). Näistä tekijöistä asennustekniikoihin, -laatuun ja väärin suunnitteluarvoihin voidaan vaikuttaa helpommin, mutta korroosioon vaikuttava veden laatu on yleensä paikkasidonnainen. Korrosio voi aiheuttaa pieniä reikiä, joiden kautta vesi kastelee rakenteita ja sitä ei havaita ulkopuolelta (Palonen, 2011). 50-luvulla käytössä olleet messinkijuotokset kärsivät herkemmin sinkkikadosta, joka vaurioittaa juotosliitoksia (Kekki et al., 2008; RT18-10922, 2008; Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). Messinkijuotoksista on sittemmin luovuttu (Kekki et al., 2008). 50-luvulla ne muodostavat aikakaudelle tyypillisen ongelman lämminvesijohtoihin, joka aiheuttaa poikkeaman kuparin nykyisestä käyttöiästä. Rakennustiedon ohjekortin arvio käyttöiäksi ennen vuotta 1970 rakennetuille kuparivesijohdoille on 40-50 vuotta (RT18-10922, 2008).

Valurautainen viemäriputki syöpyy ajan myötä, siellä olevat saostumat voivat nopeuttaa tätä prosessia (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). Syöpyminen ilmenee esimerkiksi murtumisena, muhvipäiden leikkautumisena ja reikinä (Kekki et al., 2008). Aiheuttavia tekijöitä on esimerkiksi asennusvirheet, veden laatu ja mekaaniset rasitukset (Kekki et al., 2008). Monet valuraudan syöpymiseen vaikuttavista tekijöistä eivät liity kerrostalon rakentamisaikakauteen. VTT arvioi käyttöikäksi 30-60 vuotta (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) ja Rakennustiedon ohjekortti 50 vuotta (RT18-10922, 2008). 50-luvulla käytetty harmaa valurauta, eli suomugrafiittirautaa, on tietyssä mielessä heikompaa kuin uudet valuraudat. Viemäreissä sitä ei ole käytetty 1980 alun jälkeen (Kekki et al., 2008). Korroosion tuhotessa raudan, sen alla oleva grafiittisuomukerros pysyy kasassa, mutta murtuu helposti jo pienestä sisäpuolisesta tai ulkopuolisesta kuormituksesta (Kekki et al., 2008; Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). Pisimmän käyttöiän arvion mukaan 50-luvun asuinkerrostalojen valurautaiset viemäriputket on jo vaihdettu ja jäljellä oleville on syytä tehdä kuntoarvio.

Taulukossa 2.2 on tiivistettynä eri osien käyttöiät, jotka ovat keskiarvoja jos on kyse useasta lähteestä löydetystä tiedosta. Käyttöiän lähde on esitetty ennen sitä ja huomioitavan seikan lähde on ilmoitettu sen rinnalla tai alapuolella. Lisäksi on merkittynä huomioitavat seikat, jotka voivat vaikuttaa negatiivisesti käyttöiään. Keskiarvot taulukon alaosassa ovat yleistäviä käyttöikä, joissa yhdistyy useamman materiaalin ja osan käyttöikä ylemmästä osasta taulukkoa. Vesijohdossa yhdistyy kylmä- ja kuumavesijohdot.

Taulukko 2.2: Aikakaudella 1950-1959 käytetyt vesijohto- ja viemärimateriaalit.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|-------------------|---|
| Kylmävesijohto sinkitty teräs (Kekki et al., 2008) (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) | 37 30 30-50 | Sinkkikato (Kekki et al., 2008) |
| Kuumavesijohto kupari (RT18-10922, 2008) | 45 40-50 | Messinkijuotokset (Kekki et al., 2008) (RT18-10922, 2008) (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) |
| Viemäri suomugrafiittinen valurauta (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) (RT18-10922, 2008) | 47 30-60 50 | Syöpyminen laatu paranee >1954 (Kekki et al., 2008) (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) |
| Keskiarvo vesijohdot | 41 | |
| Keskiarvo viemärit | 47 | |

Vuosina 1960-1975 valmistuneet asuinkerrostalot

Kylmävesijohtojen pääasiallinen materiaali oli kuumasinkitty teräs tai kupari ja lämminvesijohdot olivat kuparista, kuten edeltävällä vuosikymmenellä (Neuvonen et al., 2006, s. 181). 1970-luvun jälkeen sinkittyä terästä ei enää käytetty käyttövesijohtojen uudisrakentamisessa tai korjausrakentamisessa (Kekki et al., 2008). Sinkityillä teräsputkilla on samat ongelmat kuin edeltävällä aikakaudella (Kekki et al., 2008). Rakennustiedon ohjekortin mukaan niiden käyttöikä on jo saavutettu (RT18-10922, 2008). Kekki et al. arvioi tanskalaisten tutkimusten perusteella käyttöiäksi 30 vuotta optimaalisissa olosuhteissa (Kekki et al., 2008). VTT:n tutkimus viittaa ruotsalaisiin tuloksiin, joissa vuosien 1950-1975 välisellä ajalla rakennetuille sinkityille teräsputkille arvioidaan 30-50 vuoden käyttöikä (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). Kupariputkissa oli 60-luvulla ongelmia, koska juotoksissa ja messinkiosissa ei oltu vielä otettu huomioon sinkkikaatoa (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). 1960-1975 aikakauden kupariputkien käyttöikää voidaan pitää alempana kuin oikein tehtyjen ratkaisujen, eli alle 50 vuotta. Tämä tarkoittaa, että nykyään 1960-1975 vuosien kupariputket kannattaa uusia kokonaan ja pitää silmällä loppupään putkia, jotta tunnistetaan mahdolliset riskitilanteet. Kupariputkien mekaaninen kestävyys heikkenee käyttöiän loppua kohti, jolloin vuotoriskit kasvavat (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008).

60-luvulla viemärit olivat muhvollisia valurautaviemäreitä ja 70-luvun alussa siirryttiin muhmittomiin valurautaviemäriin. Muovisia viemäreitä käytettiin, mutta niiden yleistymistä hidasti huono lämmönkesto ja ongelmalliset liitokset (Neuvonen et al., 2006, s. 181). Valurautaviemärien yleisin materiaalina oli pallografiittirauta (Kekki et al., 2008), johon siirryttiin sen teoriassa paremman laadun ja kestävyysvuoksi. Toisaalta suojaamattoman pallografiittiraudan ja suomugrafiittiraudan syöpymisnopeus on samaa luokkaa, mutta suojaamaton pallografiittirauta kestää mekaanista kuormitusta vähemmän koska sen seinämäpaksuus on ohuempi (Kekki et al., 2008). Norjalaisen tutkimuksen mukaan suojaamattoman pallografiittirautaputken käyttöikä on 30-40 vuotta alempi kuin suomugrafiittirautaputken (Kekki et al., 2008). Joka tarkoittaisi noin 12 vuoden käyttöikää. Joka on erittäin alhainen verrattuna muihin viemärien materiaaleihin. Jos syöpyneeseen pallografiittiin ei kohdistu iskuja tai muuta kuormitusta, siinä ei havaita vuotoja. Syöpynyt viemäri voi toimia normaalisti.

Muhvittomat pallografiittiset valurautaviemärit, oli maalattu punaiseksi ulkopuolelta. Rakennustiedon ohjekortin mukaan muhmittomien ja muhvollisten valurautaviemärien käyttöiät ovat samaa luokkaa, 50 vuotta (RT18-10922, 2008). Muhvittoman valurautaviemärien liitoksien kumitiivisteet antoivat paremman ääneneristävyyden (Harju, 2007, s. 18). Ruotsalaisten käyttöikäarvio valurautaisille viemäreille on 30-60 vuotta (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). Jos otetaan

nämä käyttöikäarviot huomioon muhvitomille valurautaviemäreille, nousee sen käyttöikä 38 vuoteen.

Rakennustiedon ohjekortti antaa tämän aikakauden muovisille viemäreille 40 vuoden käyttöiän, joka on 10 vuotta alempi kuin uudemmat muoviviemärit (RT18-10922, 2008). Ruotsalaisten käyttöikäarvio 20-30 vuotta on alempi ennen vuotta 1975 tehdyille PVC-muovisille viemäreille (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008).

Vesijohtojen ja viemärien sijoittaminen vaihteli välipohjan ja kylpyhuoneen rakenteen mukaan. Pystylinjat olivat joko paikanpäällä rakennetuissa tai betonielementeistä tehdyissä putkiroiloissa. Elementtirakentamisen myötä toinen mahdollinen tapa oli suora liittäminen kylpyhuonelementtiin. Jos käytettiin paikalla valettua välipohjaa, viemäriputket jätettiin sen sisään. Välipohjaelementeissä jätettiin ura viemäriin asentamista varten työmaalla. Massiivisissa kylpyhuone- ja wc-elementeissä viemärien vaakavedot olivat valmiiksi pohjassa, kun taas kevyissä pelti- ja puurunkoisissa elementeissä liitos pystylinjaan oli seinäviemäriin kautta. Betonielementtejä käytettiin koko aikavälillä 1963-1974 ja kevyempien elementtien rakentaminen alkoi vasta 1970-luvun alussa. (Neuvonen et al., 2006, s. 182)

Taulukossa 2.3 on tiivistettynä eri osien käyttöiät, jotka ovat keskiarvoja jos on kyse useasta lähteestä löydetystä tiedosta. Käyttöiän lähde on esitetty ennen sitä ja huomioitavan seikan lähde on ilmoitettu sen rinnalla tai alapuolella. Lisäksi on merkittynä huomioitavat seikat, jotka voivat vaikuttaa negatiivisesti käyttöikään. Keskiarvot taulukon alaosassa ovat yleistäviä käyttöikäjä, joissa yhdistyy useamman materiaalin ja osan käyttöikä ylemmästä osasta taulukkoa.

Vuosina 1976-2000 valmistuneet asuinkerrostalot

Kylmävesijohdoissa kupari korvasi lopullisesti sinkityt teräsputket ja lämminvesijohdoissa kupari jatkoi yleisimpänä materiaalina. Tämän aikavälin loppupää kattaa moderneja kerrostaloja ja niissä voi kylmä- ja lämminvesijohdot olla tehty muovista (Neuvonen et al., 2006, s. 230).

Viemäreissä jatkettiin valurautan käyttämistä (Neuvonen et al., 2006, s. 230), joskin niiden laatu paranee valmistamisvuoden myötä. Aiemmat muhvitomat valurautaviemärit korvaantuvat samankaltaisella valurautaviemärillä, joka on sisältä epoksoitu (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). Epoksoinnilla saavutettiin parempi happojen kestävyys (Harju, 2007, s. 18). Sisäpuoliselle pinnoitteelle on asetettu kestävyysvaatimukset standardissa SFS-EN 877 (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). Vielä 1980-luvulla asennettiin kuitenkin suojaamattomia valurautaputkia (Kekki et al., 2008). Liitokset tehtiin kumitiivistisellä teräspressillä, jol-

Taulukko 2.3: Aikakaudella 1960-1975 käytetyt vesijohto- ja viemärimateriaalit.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|-------------------|--|
| Kylmävesijohto sinkitty teräs (Kekki et al., 2008) (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) | 37 30 30-50 | Sinkkikato (Kekki et al., 2008) |
| Kuumavesijohto kupari (RT18-10922, 2008) | 45 40-50 | Messinkijuotokset (Kekki et al., 2008) (RT18-10922, 2008) (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) |
| Viemäri suomugrafiittinen valurauta (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) (RT18-10922, 2008) | 47 30-60 50 | Syöpyminen (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) (Kekki et al., 2008) |
| Viemäri pallografiittinen valurauta (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) (RT18-10922, 2008) | 38 30-60 50 | Heikot seinämät (Kekki et al., 2008) |
| Viemäri muovi PVC (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008) (RT18-10922, 2008) | 30 20-30 40 | Lämmönkesto-ongelma (Neuvonen et al., 2006) |
| Keskiarvo vesijohdot | 41 | |
| Keskiarvo viemärit | 38 | |

le on asetettu vaatimuksia standardissa SFS-EN 877 (Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). Valurautaisten viemäriputkien rinnalle nousee 70-luvun loppupuoliskolla muoviset viemäriputket (Neuvonen et al., 2006, s. 230)(Markelin-Rantala ja Rautiainen, 2008). Modernit PVC HT-T ja HT+T muoviviemärien oletetaan kestävän yhtä pitkään kuin valurautaisten viemärien, eli 50 vuotta (Neuvonen et al., 2006, s. 186). Niitä ei ole vielä käytetty missään kohteessa niin pitkään.

Rakennustiedon ohjekortin mukaan modernien kupari- ja muovijohtojen käyttöiät ovat 50 vuotta (RT18-10922, 2008). Samoin nykyään käytettyjen viemärimateriaalien käyttöiksi arvioidaan 50 vuotta (RT18-10922, 2008).

Taulukossa 2.4 on tiivistettynä eri osien käyttöiät, jotka ovat keskiarvoja jos on kyse useasta lähteestä löydetyistä tiedoista. Käyttöiän lähde on esitetty ennen sitä ja huomioitavan seikan lähde on ilmoitettu sen rinnalla tai alapuolella. Lisäksi on merkittynä huomioitavat seikat, jotka voivat vaikuttaa negatiivisesti käyttöikään. Keskiarvot taulukon alaosassa ovat yleistäviä käyttöikäiä, joissa yhdistyy useamman materiaalin ja osan käyttöikä ylemmästä osasta taulukkoa.

Taulukko 2.4: Aikakaudella 1976-2000 käytetyt vesijohto- ja viemärimateriaalit.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|-----------------------------|---------------|---------------|
| Vesijohdot kupari | 50 | |
| (RT18-10922, 2008) | 50 | |
| Vesijohdot muovi | 50 | |
| (RT18-10922, 2008) | 50 | |
| Viemäri epoksoitu valurauta | 50 | |
| (RT18-10922, 2008) | 50 | |
| (Neuvonen et al., 2006) | 50 | |
| Viemäri muovi PVC HT-T/+T | 50 | |
| (RT18-10922, 2008) | 50 | |
| (Neuvonen et al., 2006) | 50 | |
| Keskiarvo vesijohdot | 50 | |
| Keskiarvo viemärit | 50 | |

Vesijohtojen ja viemäreiden korjauskustannukset

Pelkästä korjausmenetelmästä aiheutuvia kustannuksia on vaikea erotella. Mitä useampia korjauksia liitetään yhteen, kuten sähköjohtojen uusimista tai kylpyhuoneiden peruskorjausta, sitä halvemmaksi saadaan suhteellisesti kokonaiskustannus per neliö. Kirjallisuuslähteistä pyrittiin löytämään tai pääättelemään erikseen pelkkään vesi- ja viemärijärjestelmiin kohdistuvat kustannukset. Tämän lisäksi etsittiin yleinen linjasaneerauksen kustannus, jossa on mukana rakennustyön kustannuksia.

Uusimalla putket kokonaan, kiinteistön arvo nousee enemmän, koska uusien putkien käyttöikä on 50 vuotta ja pinnoitusmenetelmillä korjattujen putkien vain 15 vuotta. Pinnoitusmenetelmät ovat siis pitkittävä toimenpide suuremmalle peruskorjaukselle. (Palonen, 2011) Uusien putkien käyttöiän aikana tulee pinnoitusmenetelmällä korjattuja putkia joko korjata jälleen tai uusia seuraavalla kerralla kokonaan.

Arviolta rakennustekniset työt ja uudet putket maksavat 533 €/m^2 ja pinnoitettavalla menetelmällä vastaavasti 170 €/m^2 . Täydellisen linjasaneerauksen keskihinnat ovat luokkaa $400\text{-}500 \text{ €/m}^2$, johon sisällytetään sähkönousujen uusinnat ja kylpyhuoneiden peruseräparannus. (Palonen, 2011)

Pinnoitus- ja sukitusmenetelmien kustannukset vaihtelevat käytettävän tuotteistetun tavan mukaan. Pohjaviemärin Aarsleff-sukituksen kustannukset olivat 260 €/m^2 , Dakki-menetelmän epoksimuovipinnoituksen kustannukset olivat $80\text{-}100 \text{ €/m}^2$ ja Poxytec-menetelmällä pinnoituksen kustannukset olivat 70 €/m^2 . (Palonen,

2011)

Pelkkien viemärien pinnoitus voi maksaa vain $100\text{€}/m^2$, mutta jos lisäksi pinnoitetaan vesijohdot, kustannukset tuplaantuvat (Palonen, 2011). Tämä ei ole suoraan vertailtavissa linjasaneerauksen kustannuksiin. Linjasaneerauksessa suuri osuus kustannuksista koituu kylpyhuoneiden perusparannuksesta, jota ei ole pinnoitusmenetelmien kustannuksissa mukana (Palonen, 2011). Asuinkerrostalon tarpeet siis määrittävät voidaanko käyttää pinnoittavia menetelmiä vai tulee-ko ryhtyä täyteen linjasaneeraukseen (Palonen, 2011). Keskiarvoinen kustannus eri pinnoitus ja sujutusmenetelmille on $140\text{€}/m^2$, jossa Aarsleff-sukitus nostaa keskiarvoa. Vaihteluväli on $70\text{--}260\text{€}/asm^2$.

Uotila arvioi diplomityössään asuinkerrostalon energiatehokkuutta parantavina korjauksia. Vesijohtoverkoston uusimisen kustannusarvio oli $15\text{--}25\text{€}/asm^2$. Jos mukaan otetaan kylpyhuoneen korjaus on kustannusarvio $180\text{--}280\text{€}/asm^2$. (Uotila, 2012) Uotilan arviota voidaan käyttää pelkkiin vesijohtoihin kohdistuvaan uudistustyöhön. Vähentämällä vesijohtojen osuus, saadaan pelkän kylpyhuoneen korjauksen kustannusarvioksi $210\text{€}/asm^2$.

Lantton diplomityön 1970-luvun tyyppilliseen asuinkerrostaloon tehtiin putkistosaneeraus ja Lantto laski eri vaihtoehtojen kustannukset. Perinteinen putkistojen korjaus maksoi kylpyhuonekorjauksen kanssa $313\text{€}/asm^2$, johon ei sisälly sähkösaneerausta. Eli se ei vastaa täydellistä linjasaneerausta. Pinnoittamalla ja sujuttamalla tehty korjaus maksoi ilman kylpyhuonekorjauksia $193\text{€}/asm^2$. (Lantto, 2011) Näitä lukuja on vaikea verrata suoraan, koska kylpyhuonekorjausten osuus on suuri putkistosaneerauksessa. Jos ajatellaan pinnoitusmenetelmien vastaavan putkien osuutta työstä, vähentämällä perinteisestä korjauksesta pinnoituksen kustannusarvio, saadaan arvioksi kylpyhuonekorjaukselle $120\text{€}/asm^2$. Tämä ei ole tarkka arvio, koska perinteisessä menetelmässä on enemmän rakenteellisia kustannuksia, jotka puuttuvat pinnoituskorjauksista.

ARA:n selvityksessä käytettiin kustannusarviona keittiö- ja kylpyhuonesaneeraukselle $445\text{€}/m^2$, vesijohtojen uusinnalle $123\text{€}/m^2$ ja viemärisaneeraukselle $161\text{€}/m^2$ (Anttila et al., 2012). Arvioissa ei tehdä selväksi mitä kyseisiin saneerauksiin sisältyy. ARA:n arviot on tehty 1990 vuonna rakennetulle asuinkerrostalolle (Anttila et al., 2012). Käytetään sen kustannusarvioita kaikille aikakausille, jotta saadaan erikseen kustannus viemärisaneeraukselle. Kustannusarviot perustuvat nykyisiin menetelmiin ja niissä ei kirjallisuuden perusteella löydetty tarkkaa suhdetta kustannuksen ja rakentamisvuoden välillä. Keittiö- ja kylpyhuonesaneerauksen kustannukset vastaavat muiden lähteiden arviota linjasaneerauksesta, eli oletetaan sen olevan ARA:n arvio tämänkaltaisesta saneerauksesta. Lisäksi siinä on mukana keittiösaneeraus, joten sitä ei voida suoraan käyttää kylpyhuonesaneerauksen arviossa. ARA:n arvio vesijohtojen uusimisen kus-

tannuksesta on huomattavasti suurempi kuin Uotilalla. Siinä on todennäköisesti mukana enemmän kiinteistön rakenteeseen liittyviä kustannuksia. Vesijohtojen määritelmä on suora, mutta viemäreitä on useissa eri paikoissa kiinteistöissä. On pohja, tontti ja kiinteistön sisäiset viemärit. Ja ARA ei mainitse mihin näistä viemärisaneeraus kohdistuu. Oletetaan sen kohdistuvan kaikkiin näistä, jolloin saadaan kiinteistön pelkän viemäristön saneeraukselle kustannusarvio.

Perinteinen linjasaneeraus tarkoittaa korjaustyötä, jossa yhdistyy kylpyhuoneiden saneeraus, vesi- ja viemärijohtojen saneeraus ja sähkösaneeraus. Keskiarvo kirjallisuustutkimuksen (Palonen, 2011; Lantto, 2011; Anttila et al., 2012) perusteella on perinteiselle linjasaneeraukselle $435\text{€}/\text{asm}^2$ (Palonen, 2011; Lantto, 2011; Anttila et al., 2012). Keskiarvon arviointia hankaloittaa eri lähteissä putkisaneerauksiin yhdistettävät asiat. Joissain on mukana sähkötyöt, ja toisissa ei. Lisäksi osa arvioista on tehty neliöille ja osa asumisneliöille. Mutta haettaessa yleistävää arviota, nämä virheet ovat hyväksyttäviä. Neljän asuinkerrostaloon tehdyn hankesuunnitelman kustannusarvion perusteella jakauma linjasaneerausten kustannuksissa on vesi- ja viemäritöille 32%, rakennustöille 54% ja sähkötöille 14%.

Yhdistämällä Lantton ja Uotilan arviot kylpyhuoneiden korjauksista, saadaan keskiarvoksi $165\text{€}/\text{asm}^2$ (Lantto, 2011; Uotila, 2012). Lantton ja Palosen perusteella keskiarvoinen kustannus pinnoittamalla tai sujuttamalla tehdyille viemärikorjaukselle on $168\text{€}/\text{asm}^2$ (Lantto, 2011; Palonen, 2011). Uotilan ja ARA:n tutkimuksen vesijohtojen uusinnan keskiarvoksi saadaan $54\text{€}/\text{asm}^2$ (Uotila, 2012; Anttila et al., 2012).

Taulukossa 2.5 on tiivistettynä kirjallisuuslähteistä lasketut keskiarvoiset kustannustiedot eri menetelmille ja materiaaleille. Kustannusarvion lähde on esitetty sen edellä ja käyttöiän lisäyksen lähde sen arvon vierellä. Menetelmänä voi käyttää perinteisiä, joissa laitetaan uudet putket joko uusille paikoille tai vanhojen tilalle. Toinen vaihtoehto on uudet menetelmät, eli pinnoittavat ja sujuttavat menetelmät. Näiden sijaan voidaan käyttää yhdistävää menetelmää, jossa mahdollisuuksien mukaan käytetään uusia menetelmiä ja tarvittaessa perinteistä putkisaneerausta. Yhdistelmäkorjaukselle ei löytynyt kirjallisuudesta kustannusarvioita, mutta korjausvelan mallintamisen luvussa 3 on esitetty kustannusarvio tälle vaihtoehdolle.

2.2.2 Lämmitys

Yleisin lämmitystapa asuinkerrostaloissa on 50-luvulta lähtien ollut keskuslämmitys, jonka tuottamiseen saatiin kaukolämpöä 50-luvulta eteenpäin. Vuonna 2000 koko rakennuskannasta lämmitettiin 48% kaukolämmöllä (LVI03-10368, 2008).

Taulukko 2.5: Vesijohto- ja viemärijärjestelmien korjaus- ja uusintakustannukset.

| Osa | Hinta [€/asm ²] | Käyttöiän lisäys [a] |
|--|---------------------------------|----------------------|
| Vesijohtojen uusinta (Uotila, 2012) (Anttila et al., 2012) | 54 15-25 123 | 50 (Palonen, 2011) |
| Viemärien uusinta (Anttila et al., 2012) | 161 161 | 50 (Palonen, 2011) |
| Kylpyhuone (Lantto, 2011) (Uotila, 2012) | 165 120 210 | |
| Putkisaneeraus perinteiset menetelmät (Palonen, 2011) (Lantto, 2011) (Anttila et al., 2012) | 435 533 ja 450 313 445 | 50 (Palonen, 2011) |
| Putkisaneeraus uudet menetelmät (Palonen, 2011) (Lantto, 2011) | 168 140 ja 170 193 | 15 (Palonen, 2011) |

Erityisesti kaukolämpölaitteistossa ei ole suositeltavaa odottaa hajoamista ennen korjaamista. Hätkörjaukset ovat aina kalliimpia kuin uuden laitteiston hankkiminen ennen hajoamista ja kaukolämpölaitteiston hyötysuhde laskee huomattavasti 20 vuoden teknisen käyttöiän täytyessä (Palonen, 2011).

Lämmönsiirtokeskuksien käyttöiät voivat vaihdella paljon olosuhteista riippuen, neljästä yli kolmeen kymmeneen vuoteen (LVI03-10368, 2008). Rakennustiedon ohjekortin suosituksen mukaan yli 20 vuotta vanhat lämmönsiirtokeskukset uusitaan kokonaan korjaamisen sijasta (LVI03-10368, 2008).

Lämmitysjärjestelmän lämmönsiirtimien käyttöikä on Rakennustiedon mukaan 10-30 vuotta, riippuen lämmönsiirtimeistä (RT18-10922, 2008). Keski-ikäksi saadaan 20 vuotta. Merkittävää on, että hankesuunnitelmien ja isännöitsijätodistusten perusteella keskimääräinen käyttöikä kaukolämmön lämmönsiirtimelle olisi lähempänä 40 vuotta. Tällöin toisaalta lämmönsiirtimeen hyötysuhde on saattanut jo laskea ja hajoamisen riski kasvaa, eli teknisen käyttöiän ylittäminen ei ole taloudellista. Pumppujen käyttöikäksi Rakennustiedon ohjekortti arvioi 20-25 vuotta (RT18-10922, 2008).

50-, 60- ja 70-luvun kaukolämpölaitteet on keskimäärin jo kertaalleen uusittu (Palonen, 2011). Eli jos tältä aikakaudelta löytyy kaukolämpölaitteita, joita ei ole uusittu, niissä todennäköisesti ollaan jo ylitetty tekninen käyttöikä ja uusinta

kannattaa suorittaa mahdollisimman pian.

Jos lämminvesivaraajan kuparikierukassa on kalkkikerrostumia, ei vesi enää lämpene haluttuun lämpötilaan (Palonen, 2011), tämä on kaikille lämminvesivaraajille yhteinen ajan myötä muodostuva ongelma.

Yleisin lämmönluovutin asuinkerrostaloissa on teräslevystä valmistettu levypatteri, joka on käytössä kaikkina aikakausina. Levypatteri voidaan asentaa monipuolisesti eri tavoilla, sen tehoa voidaan säätää erilaisilla levyjen määrillä ja koolla ja sen ulkonäköä voidaan muokata suojalevyjen ansiosta. Lämmitysverkostossa olevia venttiilejä on useita erilaisia eri käyttötarkoituksiin. Niiden materiaali on yleensä kuparia, terästä tai messinkiä. Tiivistävät osat ovat samoista materiaaleista kuin edellä, mutta lisäksi käytetään kumia ja muovia. (Seppänen, 1995, s. 160-161,129-133)

Yleisesti lämmitysverkoston venttiilit, kuten sulku-, patteri- ja säätöventtiilit, kestävät lyhyemmän aikaa kuin itse verkosto, Palonen ja Rakennustiedon ohjekortti arvioivat venttiilien käyttöiäksi 20-25 vuotta (Palonen, 2011; RT18-10922, 2008). Venttiilien käyttöiän täytyessä ne eivät välttämättä aiheuta suoraan vuotoja tai muuta helposti huomattavaa vahinkoa. Ne eivät toimi enää oikein, jolloin järjestelmän energiatehokkuus laskee (Palonen, 2011). Näin ollen 20-25 vuoden käyttöikä on teknillistaloudellinen arvio ja tästä syystä venttiilejä ei aina osata vaihtaa ajoissa. Rakennustiedon ohjekortti ei jaottele venttileitä ja pumppuja rakennusvuoden perusteella (RT18-10922, 2008).

2000-luvulla on lisääntynyt kaikenikäisissä rakennuksissa jäähdytyslaitteistojen lisääminen korjausten yhteydessä (Vainio et al., 2002).

1950-luvulla valmistuneet asuinkerrostalot

Kaukolämpöverkko tuli Helsinkiin vuonna 1952, mutta ymmärrettävästi sen laajentuminen oli aluksi hidasta ja monien asuinkerrostalojen lämmitys oli itsenäistä. Yleisin lämmitysjärjestelmä oli vesikeskuslämmitys, joka oli vuosikymmenen alkupuolella painovoimaista, mutta loppupuolella pumppukierroista. (Neuvonen et al., 2006, s. 113) Alhaiset paine-erot painovoimaisessa kierrossa vaativat suuria putkikokoja, jotka tekivät painovoimaisesta kierrosta epätaloudellisen (Seppänen, 1995, s. 123). Käytännön syistä siirryttiin pumppukierroiseen lämmitysjärjestelmään.

Käytetyt patterit olivat teräslevypattereita, jotka sijoitettiin usein tiilimuureissa syvennyksiin, joita ei betonimuureissa käytetty. Muutamissa kohteissa oli pattereiden tilalla lattialämmitysjärjestelmä. (Neuvonen et al., 2006, s. 113) Käytössä saattaa olla valurautaisia tai teräksisiä liitepattereita (Seppänen, 1995, s. 161).

Rakennustiedon ohjekortin mukaan patterit itsessään ovat pitkäkestoisia jos happi-

ja rautapitoisuus on kohdillaan verkostossa (RT18-10922, 2008). Jos lämmitysverkostossa on vuotoja ja suljettuun kiertoon joudutaan tiheästi lisäämään happipitoista vettä, voi järjestelmän käyttöikä laskea merkittävästi.

Rakennustiedon mukaan lämmitysputkina käytettiin pääasiallisesti teräsputkia ja kupariputkia. Teräsputkien käyttöiän keskiarvo on yli 50 vuotta, mutta yläraja riippuen monista tekijöistä kuten salaojituksesta ja muista ulkoisista kuormittavista tekijöistä rakenteeseen johon teräsputket on asennettu. Kupariputkissa käyttöikä riippuu asennustavasta ja sen keskiarvo on 45 vuotta, joskin Rakennustiedon ohjekortin mukaan käyttöikä voi mennä tästä reilusti yli koska ylärajaa ei ole asetettu. (RT18-10922, 2008).

Mäkiön et al. mukaan 50-luvun materiaalit olivat takorauta ja loppupuolella teräs (Mäkiö et al., 1990, s. 171). Putkien eristyksissä käytettiin vastaavia eristeitä kuin lämminvesijohdoissa, eli aallasivilla-, vuorivilla- tai aaltopahvimuotteja, joista viimeisimmässä on asbestia putkea vasten. Mäkiön mukaan aaltopahviset muotit ovat kestäneet hyvin (Mäkiö et al., 1990, s. 178).

Tavallisesti lattialämmitys oli märkätilassa ja se toteutettiin lämmintä käyttövetä kierrättävällä kupariputkistolla, jossa aikakauden ongelmaksi havaittiin ulkopuolinen korroosio (Mäkiö et al., 1990, s. 171). Rakennustiedon ohjekortin mukaan jos märkätilan vedeneriste on kunnossa, voidaan lattialämmityksellä saavuttaa järjestelmän tai rakennuksen käyttöikä, eli 50-100 vuotta (RT18-10922, 2008). Selkeästi tämä ehto ei toteudu 50-luvun märkätilojen lattialämmityksessä, joissa ongelmaksi on mainittu ulkopuolinen korroosio. Todellinen käyttöikä 50-luvun märkätilojen lattialämmitykselle on täten yksilökohtainen. Vesijohtojen sinkkikadon aiheuttama korroosio laski käyttöikää 20 vuotta. Arvioidaan, että lattialämmityksen kuparijohtojen käyttöikä on vain 30 vuoden luokkaa tai vähemmän, johtuen korroosiosta.

50-luvulla Aravan ohjeet asettivat selkeän tavoitetasen, joka edellytti keskuslämmitystä ja kauko- tai aluelämmitystä (Mäkiö et al., 1990, s. 162). Asuinkerrostalojen suunnittelijoille ei ollut varsinaista valinnanvaraa tässä suhteessa, mikäli haluttiin valtion tukea.

Taulukossa 2.6 on tiivistettynä lämmitysjärjestelmän osien käyttöikä ja aikakaudelle tyypillisiä ongelmakohtia. Keskiarvot taulukon alaosassa ovat yleistäviä käyttöikä, joissa yhdistyy useamman materiaalin käyttöikä ylemmästä osasta taulukkoa. Käyttöiän lähde on esitetty ennen sitä ja huomiotavan seikan lähde on ilmoitettu sen alapuolella.

Taulukko 2.6: Aikakaudella 1950-1959 käytetyt lämmitysjärjestelmät.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|--|---|--|
| Teräslevypatterit (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Happipitoisuus vedessä (RT18-10922, 2008) |
| Lämmitysputket takoraudasta | | |
| Lämmitysputket terästä (RT18-10922, 2008) | 50 50 | Kosteusrasitteet (RT18-10922, 2008) |
| Lämmitysputket kuparista (RT18-10922, 2008) | 45 45 | |
| Lämmityspumppu (RT18-10922, 2008) | 23 20-25 | |
| Lämmitysverkoston venttiilit (RT18-10922, 2008) (Palonen, 2011) | 23 20-25 20-25 | Teknistaloudellinen (Palonen, 2011) |
| Lämmönvaihdin (RT18-10922, 2008) | 20 10-30 | Teknistaloudellinen (LVI03-10368, 2008) |
| Lattialämmitys kuparijohdoilla korroosion vaikutus arvioitu (RT18-10922, 2008) | 30 50-100 Korroosio laskee käyttöikää | Korroosio kuparijohdoissa (Neuvonen et al., 2006) |
| Keskiarvo lämmitysputket Keskiarvo patterit | 48 100 | |

Vuosina 1960-1975 valmistuneet asuinkerrostalot

Elementtirakentamisen aikakaudella yleisin lämmitysmuoto oli alue- tai kauko-lämpöverkkoon kiinnitetty pumppukiertoinen vesikeskuslämmitys. Yleisin verkostomalli oli kaksiputkiliitäntä, eli erilliset nousulinjat meno- ja paluuedelle. 60-luvulla lämmitysjohtoja sijoitettiin elementtiseinien sisään, mutta tästä käytännöstä luovuttiin 70-luvulla, kun koettiin tehokkaammaksi sijoittaa lämmitysjohtot ulkonurkkiin. (Neuvonen et al., 2006, s. 181)

Pattereina toimivat yksi- tai kaksilevyiset teräslevypatterit. Matalat konvektorit olivat vähemmän yleisiä. (Neuvonen et al., 2006, s. 181) Teräslevyisiä liitepattereita oli käytössä, mutta vielä vanhempien valurautaisten liitepatterien suuri materiaalin käyttö johti niiden poistumiseen (Seppänen, 1995, s. 161). Patterien tekninen käyttöikä on rakennuksen elinkaaren mittainen (RT18-10922, 2008).

Märkätiloissa käytettiin 50-luvulla alkanutta lattialämmitystä, jossa kupariputket on yhdistetty lämminvesiverkostoon (Neuvonen et al., 2006, s. 181). Rakennustiedon ohjekortin mukaan ennen vuotta 1970 rakennetut lattialämmitykset

ovat kovassa käytössä saavuttaneet käyttöikänsä ja normaalissa käytössä ilman vaurioita ne kestäisivät rakennuksen/järjestelmän käyttöiän verran (RT18-10922, 2008).

Kylpyhuoneisiin lisättiin levymalliset lämmityspatterit (Neuvonen et al., 2006, s. 181). Käytössä oli sileäpintaisia seinille asennettavia räppipattereita, jotka olivat yleensä niklattua kuparia ja yhdistettiin lämminvesiverkostoon (Seppänen, 1995, s.162). Märkätilojen lämmityspatterit tarjosivat ilman lämmitystä, sekä muodostivat ilmavirtauksia jotka auttoivat märkätilan ilmanvaihtoa. Myöhemmin saneerauksissa on saatettu poistaa nämä räppipatterit hyödyttöminä, mutta tällöin ollaan saatettu aiheuttaa ongelmia märkätilan ilmanvaihtoon ja kosteuden hallintaan. (Palonen, 2011)

60- ja 70-lukujen asuinkerrostalojen sulku ja linjaventtiilit on syytä uusita säätöventtiileillä, joilla pystytään mittaamaan ja säätämään nousulinjaan menevää vesivirtaa (Palonen, 2011). Tämä helpottaa tulevaisuudessa lämmitysjärjestelmän toimivuuden seurantaa ja säätöä. Venttiilien käyttöikä on sama kuin 50-luvulla. Lämmitysputkissa ei löytynyt mainittavia muutoksia verrattuna edelliseen aika-kauteen.

Taulukossa 2.7 on tiivistettynä lämmitysjärjestelmän osien käyttöikä ja aikakaudelle tyypillisiä ongelmakohtia. Keskiarvot taulukon alaosassa ovat yleistäviä käyttöikä, joissa yhdistyy useamman materiaalin käyttöikä ylemmästä osasta taulukkoa. Käyttöiän lähde on esitetty ennen sitä ja huomioitavan seikan lähde on ilmoitettu sen rinnalla tai alapuolella.

Vuosina 1976-2000 valmistuneet asuinkerrostalot

Yleisimpänä lämmitysmuotona säilyi kaukolämpöverkkoon kytketty pumppukiertoinen vesikeskuslämmitys. Lämmitysjohtot sijoitettiin näkyviin ulkonurkkiin ja vesikierrossa oli erilliset linjat meno- ja paluuedelle. 1990-luvulla tuli käyttöön jakotukkijärjestelmä, jossa meno- ja paluulinjat sijoitettiin porraskäytävään, josta ne ohjattiin huoneistokohtaiseen jakotukkiin. Jakotukista vesi ohjattiin edelleen muoviputkissa eri puolille huoneistoa. Tämä mahdollisti huoneistokohtaisen energiankulutuksen mittauksen. (Neuvonen et al., 2006, s. 230)

Märkätilojen lattialämmityksessä siirryttiin sähkökäyttöiseen lämmitykseen. (Neuvonen et al., 2006, s. 233).

Aikakaudelle tyypillinen ripaputkipatteri on tehty teräksestä, kuparista tai ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä (Seppänen, 1995). Sen etuna on tehostunut lämmönsiirto laajemmalle alueelle (Seppänen, 1995), mutta rivat voivat tehdä siitä epäesteettisen ulkonäöltään. Märkätiloissa yleisemmin käytetyt sileäputkisen lämpöpatterit on valmistettu niklatusta kuparista (Seppänen, 1995).

Taulukko 2.7: Aikakaudella 1960-1975 käytetyt lämmitysjärjestelmät.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|--|---|--|
| Teräslevypatterit (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Happipitoisuus vedessä (RT18-10922, 2008) |
| Liitepatterit (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | |
| Lämmityspotket terästä (RT18-10922, 2008) | 50 50 | Kosteusrasitteet (RT18-10922, 2008) |
| Lämmityspotket kuparista (RT18-10922, 2008) | 45 45 | |
| Lämmityspumppu (RT18-10922, 2008) | 23 20-25 | |
| Lämmitysverkoston venttiilit (Palonen, 2011) (RT18-10922, 2008) | 23 20-25 20-25 | Teknistaloudellinen (Palonen, 2011) |
| Lämmönvaihdin (RT18-10922, 2008) | 20 10-30 | Teknistaloudellinen (LVI03-10368, 2008) |
| Lattialämmitys kuparijohdoilla korroosion vaikutus arvioitu (RT18-10922, 2008) | 30 50-100 Korroosio laskee käyttöikää | Korroosio kuparijohdoissa (Neuvonen et al., 2006) |
| Keskiarvo lämmityspotket Keskiarvo patterit | 48 100 | |

Konvektoripattereissa pääasiallinen lämmönsiirtyminen tapahtuu konvektiolla, materiaalina käytetään joko terästä tai kupariputkia joihin on liitetty alumiiniset lamellit (Seppänen, 1995). Pattereita on monenlaisia ja niiden valinta tehdään yleensä esteettisin tai käyttötarpeen perusteella.

Aikakauden lämmitysverkossa yleisin putkimateriaali on teräs ja toinen yleinen materiaali on kupari, jota käytetään happipitoisen veden järjestelmissä. Seppänen mainitsee lisäksi muoviputket mahdollisena materiaalina. Muovin etuna on helppo vaihdettavuus jos ne on asennettu suojaputkien sisälle. (Seppänen, 1995, s. 160-163) Näille materiaaleille Rakennustiedon ohjekortti antaa käyttöiksi teräsputkilla 50 vuotta, kupariputkilla 45 vuotta ja muoviputkilla 50 vuotta (RT18-10922, 2008). Uusia muoviputkia ei ole ollut asennettuna missään kohteessa 50 vuotta, joten kokemuseräisesti ei voi todeta käyttöiksi 50 vuotta.

Moderneissa asuinkerrostaloissa voidaan käyttää muoviputkia sekä lämmitykseen, käyttöveteen, että jäähdytykseen. Esimerkiksi Uponorilta löytyy kokonai-

nen linjasto eri olosuhteissa käytettäviin muoviputkiin (Uponor, 2005).

Ennen 90-lukua oli käytössä vielä samat lämmönvaihtimet kuin edellisillä aikakausilla. Siitä eteenpäin jatkui käytössä kupariputkilämmönsiirtimet 2000 vuoteen asti ja haponkestävä levylämmönsiirrin. Näiden keskimääräinen käyttöikä on 20 vuotta. (RT18-10922, 2008)

Taulukossa 2.8 on tiivistettynä lämmitysjärjestelmän osien käyttöikä ja aikakaudelle tyypillisiä ongelmakohtia. Keskiarvot taulukon alaosassa ovat yleistäviä käyttöikä, joissa yhdistyy useamman materiaalin käyttöikä ylemmästä osasta taulukkoa. Käyttöiän lähde on esitetty ennen sitä ja huomioitavan seikan lähde on ilmoitettu sen rinnalla tai alapuolella.

Taulukko 2.8: Aikakaudella 1976-2000 käytetyt lämmitysjärjestelmät.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|------------------------------|--|
| Ripaputkipatterit (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | |
| Sileäputkinen patteri (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | |
| Konvektiopatterit (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | |
| Lämmitysputket terästä (RT18-10922, 2008) | 50 50 | Kosteusrasitteet (RT18-10922, 2008) |
| Lämmitysputket kuparista (RT18-10922, 2008) | 45 45 | |
| Lämmitysputket muovista (RT18-10922, 2008) | 50 50 | Pitkäaikainen kokemus puuttuu |
| Lämmityspumppu (RT18-10922, 2008) | 23 20-25 | |
| Lämmitysverkoston venttiilit (Palonen, 2011) (RT18-10922, 2008) | 23 20-25 20-25 | Teknistaloudellinen (Palonen, 2011) |
| Lämmönvaihdin (RT18-10922, 2008) | 20 10-30 | Teknistaloudellinen (LVI03-10368, 2008) |
| Lattialämmitys sähköllä | | |
| Keskiarvo lämmitysputket | 48 | |
| Keskiarvo patterit | 100 | |

Lämmityksen korjauskustannukset

Putkistosaneerauksia tehdessä joudutaan usein avaamaan lattiarakenteita, jolloin nähdään lattialämmityksen putkiston kunto. Lattialämmityksen korjaukselle tai uusinnalle Palonen arvioi kustannukseksi $14\text{--}21 \text{ €/asm}^2$ perinteisellä menetelmällä ja $18\text{--}27 \text{ €/asm}^2$ pinnoittavilla menetelmillä (Palonen, 2011). Eli molempien keskiarvo on 20 €/asm^2 . Kustannukset riippuvat siitä kuinka muu saneeraus toteutetaan. Palosen arviot perustuvat ilmeisesti Consti Yhtiöt yrityksen arvioihin, mutta alkuperäistä dokumenttia ei enää löydy Constin sivuilta, joten luotan Palosen lähteiden käyttöön. Lämpimään käyttöveteen kytketty lattialämmitys voidaan muuttaa sähkökäyttöiseksi (Neuvonen et al., 2006, s. 184).

Uotilan tutkimuksen mukaan lämmönsiirtimien uusimisen kustannus on 4-14, lämmönsäätö 1-7, patteriventtiilien uusiminen 4-14, patteri- ja linjasäätöventtiilien uusinta 5-11 ja lämmönsäätö-, patteri- ja linjasäätöventtiilien uusinta $2\text{--}16 \text{ €/asm}^2$ (Uotila, 2012). Bostrom mainitsee lämmönsiirtimen uusimisen kustannukseksi keskimäärin 6.6 €/asm^2 (Boström et al., 2012). Eli jälleen yhdistämällä eri toimenpiteitä saadaan suhteellisesti yhteishintaa alaspäin.

ARA:n selvityksessä käytettiin kustannusarviona lämmöntuotannon uusimiselle 26 €/m^2 ja lämmitysverkoston uusinnalle 148 €/m^2 (Anttila et al., 2012). ARA:n kustannukset perustuivat 1990 vuonna rakennetun asuinkerrostalon arvioihin. Kirjallisuuden perusteella ei kuitenkaan löydetty viitteitä kustannusten ja rakennusvuoden välillä, joten käytetään ARA:n kustannusarvioita kaikkien aikakausien keskiarvojen laskemiseen.

Peränen laskee opinnäytetyössään Jyväskylässä sijaitsevalle 2010-luvun asuinkerrostalolle vaihtoehtoiset kustannukset lattialämmitykselle ja radiaattorilämmitykselle (Peränen, 2012). Vaikka aikakausi on tämän työn rajauksien ulkopuolella, käytetään sitä antamaan viitettä uuden vesikiertoisien radiaattorilämmityksen rakennuskustannuksista. Kustannuksilla voidaan arvioida lämmitysjärjestelmän modernisoinnin kustannuksia. Hiiliteräsputken ja sähkösinkityn teräsputken välillä ei ole suurta eroa, putket ja osat maksavat hiiliteräsputkella 1.8 €/m^2 ja sähkösinkityllä teräsputkella 2.2 €/m^2 . Yhteiskustannukset, jossa ei ole otettu huomioon rakennuskustannuksia, koska ne voivat vaihdella laajasti kohteesta toiseen, ovat hiiliteräsputkilla 21.8 €/m^2 ja sähkösinkityllä teräsputkella 20.7 €/m^2 . Tähän sisältyy kaikki osat, kuten pumpu ja niiden vaatimat asennustyöt. Mielenkiintoista oli huomata, että rakennustyön kustannukset, 96.8 €/m^2 , olivat esimerkkikohteessa moninkertaiset verrattuna lämmitysjärjestelmän liittyviin kustannuksiin. Pelkän pumpun hinta Peräsen laskelmissa on 520 € :a, eli vain 0.23 €/m^2 (Peränen, 2012). Pumppu on on häviävän pieni sijoitus kokonaisuuteen nähden. Pelkkien patterien osuus laskelmissa on 6.6 €/m^2 (Peränen, 2012).

Taulukossa 2.9 on tiivistettynä lämmitysjärjestelmän korjaus- ja uusintamenetelmien kustannuksia ja niillä lisätty käyttöikä. Jos osa uusitaan, sen käyttöiän lisäys on modernin käytetyn osan tekninen käyttöikä. Kustannusarvion lähde on esitetty sen edellä ja käyttöiän lisäyksen lähde on sen alapuolella.

Taulukko 2.9: Asuinkerrostalojen lämmitysjärjestelmien korjaus- ja uusintakustannukset.

| Osa | Hinta [€/asm ²] | Käyttöiän lisäys [a] |
|---|--------------------------------|---|
| Lattialämmitys kupariputket perinteinen (Palonen, 2011) | 18 14-21 | 50 (RT18-10922, 2008) |
| Lattialämmitys kupariputket pinnoite (Palonen, 2011) | 23 18-27 | 50 (RT18-10922, 2008) |
| Lämmönvaihdin (Uotila, 2012) (Boström et al., 2012) | 8.2 4-14 6.6 | 20 (RT18-10922, 2008) |
| Lämmönsäätö (Uotila, 2012) | 4 1-7 | |
| Patteriventtiilit (Uotila, 2012) | 9 4-14 | 23 (Palonen, 2011; RT18-10922, 2008) |
| Lämmönsäätö, patteri- ja linjasäätöventtiilit (Uotila, 2012) | 9 2-16 | 23 (Palonen, 2011; RT18-10922, 2008) |
| Lämmitysverkoston täysi uusinta (Anttila et al., 2012) | 148 148 | |
| Lämmöntuotanto (jakokeskus) (Anttila et al., 2012) | 26 26 | |
| Putket moderni korjaus (Peränen, 2012) | 2 1.8-2.2 | |
| Putket moderni uusinta (ei pumppua) (Peränen, 2012) | 21 21.6;20.5 | 100 (RT18-10922, 2008) |
| Pumppu (Peränen, 2012) | 0.23 0.23 | 23 (RT18-10922, 2008) |
| Patterit (Peränen, 2012) | 6.6 6.6 | 100 (RT18-10922, 2008) |

2.2.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon korjausrakentamiselle ei ole erikseen määräyksiä, joten eri paikkakuntien rakennusviranomaiset soveltavat haluamalla tavallaan uudisrakenta-

misen määräyksiä korjausrakentamiseen. Jos ilmanvaihdon katsotaan toimivan, sitä ei tarvitse uusia vaikka se ei täyttäisi kaikkia rakennusmääräyksiä. Mikäli korjauksessa on kyse ilmanvaihtojärjestelmän täydestä uusimisesta, sovelletaan uudisrakentamisen rakennusmääräyksiä. (Säteri et al., 1999)

Vuosina 1940-1959 80%:ssa asuinkerrostaloista oli painovoimainen ilmanvaihto ja 20%:ssa koneellinen poisto. 60-luvulla painovoimaisella ilmanvaihdolla toimivia asuinkerrostaloja oli enää 29% ja 71%:ssa oli koneellinen poisto. 70-luvulla painovoimaista poistoa oli enää 6% asuinkerrostaloista, koneellista poistoa 91%:ssa ja täysin koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa oli 3%:ssa. VTT:n tutkimus viittaa tässä tapauksessa 1984 suoritettuihin laskelmiin. (Säteri et al., 1999)

KIMU-projekti suosittelee ennen 1970-lukua rakennetuille asuinkerrostaloille välttämättömäksi toimenpiteeksi rakenneaineisten kanavistojen kunnostamisen. Yksi tarpeellisista toimenpiteistä on poiston kunnostamisen vähentämällä ylimääräinen poistoilma ja poistamalla kello-ohjaus. Toinen toimenpide on ilmanvaihdon puhdistaminen ja säätö. Kolmas toimenpide on korvausilman järjestäminen, joko kokonaan koneelliseksi tai hallittavilla venttiileillä. KIMU-projekti määrittelee 1970-luvun asuinkerrostaloille tarpeellisiksi toimenpiteiksi korjausrakentamisessa samat toimenpiteet kuin ennen 1970-lukua oleville. (Palonen, 2011) Ero on se, että 70-luvun asuinkerrostaloissa ei ole enää rakenteellisia ilmanvaihtokanavia, vaan ne ovat enimmäkseen pellistä, jolloin välttämättömiä korjauksia niihin liittyen ei ole.

2000-luvulla tehtiin kaikkien aikakausien rakennuksista alle 5%:iin ilmanvaihtoon liittyviä korjauksia (Vainio et al., 2002). Valitettavasti tässä arviossa on yhdistettynä kaikki rakennustyyppit omakotitaloista asuinkerrostaloihin. Ennen 1970-lukua rakennettuihin rakennuksiin uusitaan kokonaan ilmanvaihtojärjestelmä korjauksen yhteydessä (Vainio et al., 2002). Nykyään on voimassa tiukemmat säännökset rakennusmääräyskokoelmassa korjausrakentamiselle ja ilmanvaihdolle, joten on miltei pakko uusia koko järjestelmä osittain koneelliseksi, jotta määräykset täyttyvät. Näitä säännöksiä ei ollut vielä voimassa 2000-luvulla, kun VTT:n tutkimus (Vainio et al., 2002) tehtiin.

Ilmanvaihtojärjestelmässä olevat tulo- ja poistoilmalaitteet kestävät niin kauan kuin rakennus ja niitä vaihdetaan vain käyttötarpeen muuttuessa. Niiden huoltoväli on kuitenkin 12 kuukautta, jota ei saa laiminlyödä. Rakennustiedon ohjekortti antaa koneellisen poiston puhaltimelle normaalissa käytössä noin 23 vuoden käyttöiän, joka on joko pidempi tai lyhyempi riippuen kuinka paljon puhallin on päällä. (RT18-10922, 2008) Koneellisessa poistossa on siis enemmän huollettavia osia ja uusittavia laitteita, jolloin sen juoksevat kustannukset voivat olla suuremmat kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa.

Koneellisen ilmanvaihdon myötä tuli järjestelmiin mukaan äänenvaimentimia

(Mäkiö et al., 1990, s. 183), jotka eivät Rakennustiedon ohjekortin mukaan kulu mekaanisesti, mutta toisaalta niistä voi irrota mineraalivillakuituja (RT18-10922, 2008).

1950-luvulla valmistuneet asuinkerrostalot

Yleisin ilmanvaihtojärjestelmä oli 50-luvun puoliväliin asti painovoimainen ilmanvaihto. Sen jälkeen alle 3-kerroksisissa asuinkerrostaloissa siirryttiin ilmanvaihdossa erilliseen poistoon. (Neuvonen et al., 2006, s. 115)

Yhteiskanavajärjestelmän käyttäminen koneellisessa poistossa alkoi vuonna 1953. Aikakauden ilmanvaihtoon aiheutti ongelmia ulkoilmaventtiilien poistaminen, jolloin korvausilman sisäänotto on hallitsematonta. Muita ongelmia ovat kanavia pitkin kantautuvat melu, hajuhaitat ja paloturvallisuuden laskeminen. Osa 50-luvulla rakennetuista asuinkerrostaloista käytti koneellista poistoa, mutta erilliskanavajärjestelmänä, joka korjasi osan yhteiskanavajärjestelmän ongelmista. (Neuvonen et al., 2006, s. 114-117)

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa kanavien materiaalina oli tiili tai erikoislaatat alle 2-3 -kerroksisissa taloissa (Mäkiö et al., 1990; Neuvonen et al., 2006, s. 181 ja s.114,117). Korkeampien asuinkerrostalojen kanavissa saattaa olla asbestisementtikanavia, muita käytettyjä materiaalia oli kuparipelti, betonilla tai tiilillä verhoiltu pelti, sinkitty pelti tai betonikanavat. Ilmanvaihtojärjestelmässä käytetyissä äänenvaimentimissa käytettiin 50-luvulla asbestimatoilla vuorattuja peltejä. (Neuvonen et al., 2006, s. 114-116)

50-luvun tapauksessa äänenvaimentimina oli asbestimatolla päällystettyjä peltejä (Mäkiö et al., 1990, s. 183), joista saattaa irrota asbestikuituja. Äänenvaimentimet vaativat jossain määrin huoltoa, tarkastamista ja tarvittaessa vaihtamista. Käytössä olleissa vanhemmissa ulkoilmaventtiileissä on ongelmana veto ja suodattimien puute (Säteri et al., 1999).

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa voi olla monia ongelmia kuten riittämätön ilmanvaihto, riippuvuus ulkoilman tilasta ja rakennusaineisten kanavien vuodot (Neuvonen et al., 2006, s. 114). Riippuvuus ulkoilman tilasta näkyy liian suurena ilmanvaihtona tuulisella säällä (Säteri et al., 1999). Ilmanvaihtoa voidaan parantaa lisäämällä tai aukaisemalla tukittuja ulkoilmakanavia ja ulkoilmaventtiilejä. Muita parannuksia on ääneneristyksen lisääminen ja mahdollisuus lämmittää kylmää ulkoilmaa talvella. Poistoilmakanavan vetoa voidaan tehostaa asentamalla roottori tai tuulihattu. Neuvosen et al. mukaan vanhat tukitut uunilämmitteisen aikakauden hormiaukot tulee avata ja asentaa niihin venttiilit, tällöin poistuva lämmin ilma asunnoista tuulettaa ja kuivaa tiilihormia ja estää kosteusvaurioita. (Neuvonen et al., 2006, s. 114)

Pientalojen ilmanvaihdoilla tehdyn tutkimuksen avulla, joka vertaili sisäilman laadun eroa painovoimaisen ja koneellisen poiston välillä (Hurme, 2010), voidaan arvioida missä tapauksissa asuinkerroistaloissa on syytä vaihtaa pois painovoimaisesta ilmanvaihdosta. Syy koneellisen poiston nousun suosioon 50-luvulla oli oletus siitä, että se olisi tehokkaampaa ja tasaisempaa painovoimaiseen verrattuna (Mäkiö et al., 1990). Tutkimuksen mukaan talvella lämpötilat pysyvät molemmilla ilmanvaihdon tavoilla samalla tasolla (Hurme, 2010), mutta yllättäen kesällä koneellisella poistolla on korkeammat lämpötilat kuin painovoimaisella (Hurme, 2010). Tämä ei vastaa Neuvonen et al.:n koneellisen poiston etuja (Neuvonen et al., 2006). Ilmankosteus on samaa luokkaa sekä painovoimaisessa että koneellisessa poistossa. Muutama kohde osoitti painovoimaisen ilmanvaihdon mahdolliseksi ongelmaksi korkean sisäilman kosteuden. Painovoimaisen ilmanvaihdon kohteissa oli huomattavasti korkeammat hiilidioksidipitoisuudet, johon vaikutti merkittävästi asukkaiden määrä ja korvausilman ratkaisut. Syynä voi olla hiitaampi ilman vaihtuvuus painovoimaisessa ilmanvaihdossa. Viimeinen tutkittu parametri oli hiukkasten määrä, jonka suhteen painovoimainen ja koneellinen poisto olivat samalla tasolla. Vain hiukkasten koot erosivat erilaisista korvausilmaratkaisuista johtuen. Tulokset saattavat olla hieman vääristyneitä, koska koneellisen ilmanvaihdon laitteistoja ei oltu tasapainotettu tai huollettu säännöllisesti. (Hurme, 2010) Tutkimus antoi realistisen kuvan tilanteesta, jossa asukkaat ovat niitä käyttäneet. Tutkimuksen mukaan sisäilmaa ei siis saa merkittävästi parannettua tutkittujen parametrien valossa vaihtamalla toimivaa painovoimaista ilmanvaihtoa koneelliseen poistoon (Hurme, 2010).

Painovoimaisesta ilmanvaihdosta voidaan haluta pois, koska asukas kokee sisäilman huonoksi. VTT Rakennustekniikka tutki 50-luvun asuinkerrostaloa, jossa oli painovoimainen ilmanvaihto (Säteri et al., 1999). 78% piti sisäilman laatua huonona. (Säteri et al., 1999). Koneellisella ilmanvaihdolla saadaan selkeästi säädettävissä oleva sisäilman hallinta, jolloin asukas on todennäköisesti tyytyväisempi. 50-luvulla koneellisessa poistossa oli tavallista käyttää korvausilman ottamiseen rakenteiden satunnaisia epätiivelyskohtia, aiheuttaen epäsuunnitellun tuloilman (Säteri et al., 1999). Koneellisella poistolla voidaan siis katsoa olevan sama heikkous kuin painovoimaisella ilmanvaihdolla. Nykyään käytetään korvausilmaventtiilejä ilmanvaihdossa koneellisessa poistossa, jolloin päivitys painovoimaisesta nykyaikaiseen koneelliseen poistoon tuo hallittavuutta.

Jos painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä halutaan muuttaa koneellisella poistolla varustetuksi, täytyy olemassa olevat venttiilit uusia, rakennusainekanaavat huoltaa perusteellisesti. Muutos täysin koneellistettuun tulo- ja poistoilmanvaihtoon on erittäin raskas toimenpide, jossa rakennuksen kanavien lisäksi täytyy asuntojen sisällä tehdä laajoja muutoksia. (Neuvonen et al., 2006, s. 114) Rakennustiedon ohjekortin mukaan ilmanvaihdossa kanavien mekaaninen kuluminen

ei aiheuta uusimistarvetta (RT18-10922, 2008). Jos käyttötarpeet eivät muutu ja ilmanvaihto on riittävä, kanavia ei tarvitse uusia. Tämän voidaan katsoa olevan hyvä puoli painovoimaisessa ilmanvaihdossa, koska poislukien katoilla mahdollisesti olevat tuulihatut tai vastaavat koneet, ilmanvaihtojärjestelmässä on vain rakennusaineisia kanavia. Tällöin painovoimaisen ilmanvaihdon käyttöikä voi olla rakennuksen ikäinen.

Painovoimaisen ilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi poistoksi vaatii aina hormien kuntoselvityksen ja tarvittaessa tiivistyksen jos halutaan käyttää samoja hormoneja. Hormien kunto vaihtelee asuinkerrostalosta toiseen, joten samoin kustannukset voivat vaihdella rajusti. Jos 50-luvun asuinkerrostaloissa on siirrytty keskitettyyn lämmitykseen, esimerkiksi kaukolämmön alaisuuteen, ollaan painovoimaisen ilmanvaihdon säätäminen voitu kokonaan unohtaa. Koska lämmitys säätää itseään automaattisesti, ei tiedosteta ilmanvaihdon toimivuuden vaikutusta sisäilmaston laatuun. (Säteri et al., 1999)

Säteri et. al. suoritti vuonna 1999 testejä 50-luvun asuinkerrostalon hormien tiivydelle (Säteri et al., 1999). Helsingin rakennusviraston vuoden 1992 ohjeiden mukaan mukaan jos vaihdetaan painovoimaisesta ilmanvaihdosta koneelliseen ja halutaan käyttää vanhoja hormoneja, täytyy hormien täyttää rakentamismääräyskokoelman K-luokan vaatimus tiivyydestä. 50 Pa:n koepaine aiheutti 10-30 kertaa sallittua K-luokan tiiveyttä vastaavan vuotoilmavirran (Säteri et al., 1999). Tämän perusteella 50-luvun asuinkerrostalojen hormit ovat tiivistyksen tarpeessa.

Taulukossa 2.10 on tiivistettynä ilmanvaihtojärjestelmän osien käyttöikä ja aikakaudelle tyypillisiä ongelmakohtia. Käyttöiän lähde on esitetty ennen sitä ja huomioitavan seikan lähde on ilmoitettu sen rinnalla tai alapuolella.

Taulukko 2.10: Aikakaudella 1950-1959 käytetyt ilmanvaihtojärjestelmät.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|---------------------------|--------------------------------------|
| IV-kone (RT18-10922, 2008) | 23 23 | Huoltoväli 12kk (RT18-10922, 2008) |
| IV-kanavisto rakennusaineesta (RT18-10922, 2008) | 100 Ei uusimistarvetta | Tiivistys (Neuvonen et al., 2006) |
| IV-kanavisto pelti (RT18-10922, 2008) | 100 Ei uusimistarvetta | Puhdistusväli 10a (RT18-10922, 2008) |
| IV-kanavisto keskiarvo | 100 | |

Vuosina 1960-1975 valmistuneet asuinkerrostalot

60-luvun asuinkerrostaloissa käytettiin ilmanvaihtona joissain kohteissa asuntokohtaista poistoilmakonetta, joka oli liedен päällä. Tämä on aiheuttanut kuitenkin ongelman rakenneaineisiin poistoilmahormeihin, jotka tulee kunnostaa ja tiivistää tai johtaa lupa saataessa suoraan seinästä ulos. (Palonen, 2011) Tämä ongelma havaittiin korjausrakennuksien yhteydessä 1990-luvulla.

Ilmanvaihtojärjestelmistä yleisimpänä jatkoi 50-luvun puolella välissä suosioon noussut yhteiskanavajärjestelmäinen koneellinen poistoilmanvaihto. Pienemmässä määrin käytettiin korkeissa kerrostaloissa painovoimaista ilmanvaihtoa ja yhteiskanavajärjestelmän rinnalla säilyi erilliskanavajärjestelmä. (Neuvonen et al., 2006, s.188) Painovoimaisen ilmanvaihdon käyttö uudisrakentamisessa loppui 1970-luvulla (Palonen, 2011).

Poistoilmakanavina toimi edelleen betoniset hormielementit, mutta niiden rinnalle alkoi yleistyä kierresaumatatut peltikanavat. 70-luvulla peltikanavia sijoitettiin kevyempien kylpyhuone-elementtien yhteyteen. Poistoilmaventtiilien sijoitus vakiintui wc:hen, keittiöön, kylpyhuoneisiin ja vaatehuoneisiin. Ulkoilmaventtiileitä ei yleisesti ottaen käytetty, sen sijaan joko hyödynnettiin ulkoseinärakenteen hataruutta tai poistettiin tuuletusikkunoiden tiivisteistä osa. (Neuvonen et al., 2006, s. 188)

Taulukossa 2.11 on tiivistettynä ilmanvaihtojärjestelmän osien käyttöikä ja aikakaudelle tyypillisiä ongelmakohtia. Käyttöiän lähde on esitetty ennen sitä ja huomioitavan seikan lähde on ilmoitettu sen rinnalla tai alapuolella.

Taulukko 2.11: Aikakaudella 1960-1975 käytetyt ilmanvaihtojärjestelmät.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|---------------------------|--------------------------------------|
| IV-kone (RT18-10922, 2008) | 23 23 | Huoltoväli 12kk (RT18-10922, 2008) |
| IV-kanavisto rakennusaineesta (RT18-10922, 2008) | 100 Ei uusimistarvetta | Tiivistys (Neuvonen et al., 2006) |
| IV-kanavisto pelti (RT18-10922, 2008) | 100 Ei uusimistarvetta | Puhdistusväli 10a (RT18-10922, 2008) |
| IV-kanavisto keskiarvo | 100 | |

Vuosina 1976-2000 valmistuneet asuinkerrostalot

Modernin asuinkerrostalorakentamisen alkuaikana yleisin ilmanvaihtojärjestelmä oli edelleen koneellinen poistoilmanvaihto yhteiskanavajärjestelmällä. Poistoilmaventtiilit sijoitettiin keittiöön, kylpyhuoneeseen, wc:hen, saunaan ja vaa-

tehuoneeseen. 1990-luku toi mukanaan laajamittaisemman koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon. Raitis ilma tuotiin olohuoneeseen ja makuuhuoneeseen pel-tikanavissa ja poistoilmaventtiilit säilyivät samassa paikassa. Koneellinen tuloil-ma mahdollisti ulkoilman suodattamisen ja esilämmittämisen poistoilmalla, eli lämmöntalteenoton (LTO). (Neuvonen et al., 2006, s. 232-233)

1980-luvulla aloitettiin testimielessä tuloilmaikkunoiden käyttö ilmanvaihdossa. Sen ongelmia olivat tuloilman ylikuumeneminen ja ilman takaisinvirtaus. Ongel-mia ilmeni etenkin asuinkerrostaloissa, joissa oli koneellisesti avustettu paino-voimainen ilmanvaihto. (Palonen, 2011) Tuloilmaikkunat jäivät harvinaisiksi al-kuaikanaan. Yleisempiä ratkaisuja tuloilman tuomiseen hallitusti sisäilmaan oli-vat seinäventtiilit ja ikkunoiden karmiventtiilit. Rakentamismääräykset pakot-tivat siirtymisen epähallitusta suunniteltuun tuloilman sisäänottoon. (Neuvonen et al., 2006, s. 233) Vuoden 1978 Sisäasiainministeriön Suomen rakentamismää-räyskokoelmassa D2 on ilmanvaihdolle määritelty vaatimus hallitusta tuloilman sisäänotosta.

1980-luvulla uusissa asuinkerrostaloissa oli osassa käytössä asuntokohtaiset tulo- ja poistoilmakoneet joissa oli LTO. Alentuneiden rakennuskustannusten seu-rauksena 1990-luvulla asennettiin asuntokohtaisia ilmanvaihtokoneita enemmän sekä uudiskohteissa että peruskorjausten yhteydessä. Ongelmat asuntokohtai-nessa ilmanvaihdossa on hyvin taloyhtiökohtaisia, koska ne riippuvat paljon to-teutuksesta ja suoraan ei voida yleistää tiettyjä ongelmia asuntokohtaiselle il-manvaihdolle. (Palonen, 2011)

Koneellinen poisto on lisääntynyt 2000-luvun korjausrakentamisessa, mutta vuo-den 2003 uusien ilmanvaihtomääräyksien myötä sen käyttö on vähentynyt uu-disrakentamiskohteissa. Nykyisten rakennusmääräyskokoelman D2 mukaisten määräysten mukaan vähimmäisvaatimus alipaineisuudesta saavutetaan kerros-taloasunnossa neljällä lautasmallisella- tai 2.0-2.5m:llä ikkunan ylälaidassa ole-vaa korvausilmaventtiiliä. Uudessa ilmanvaihtomääräyksissä tuli LTO pakolli-seksi ilmanvaihdossa. (Palonen, 2011)

IV-kanavistossa jatkui edellisellä aikakaudella käyttöön tulleet kierresaumatut pellit. Joiden käyttöikä on lähes rajaton, mutta niitä täytyy nuohota 10 vuoden välein (RT18-10922, 2008).

Taulukossa 2.12 on tiivistettynä ilmanvaihtojärjestelmän osien käyttöikä ja ai-kakaudelle tyypillisiä ongelmakohtia. Käyttöiän lähde on esitetty ennen sitä ja huomioitavan seikan lähde on ilmoitettu sen rinnalla tai alapuolella.

Taulukko 2.12: Aikakaudella 1976-2000 käytetyt ilmanvaihtojärjestelmät.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|--|---------------------------|--------------------------------------|
| IV-kone (RT18-10922, 2008) | 23 23 | Huoltoväli 12kk (RT18-10922, 2008) |
| IV-kanavisto pelti (RT18-10922, 2008) | 100 Ei uusimistarvetta | Puhdistusväli 10a (RT18-10922, 2008) |
| IV-kanavisto keskiarvo | 100 | |

Ilmanvaihdon korjauskustannukset

50-luvun hormien tiivistysmenetelmistä Säteri et. al. tutkivat massausta ja sujutusta. Massausmenetelmää voidaan käyttää tiili-, sementtiharkko- tai betoni-hormeihin. Säterin et. al. mukaan massaustiivistys maksoi arvonlisäverottomana tiilihormissa noin 580 markkaa per juoksumetri ja betoni-hormissa 300 markkaa per juoksumetri. (Säteri et al., 1999) Eli euroina tiilihormin kustannus on noin 100 euroa per juoksumetri ja betoni-hormin 50 euroa per juoksumetri. Kurssimuunnoksena on käytetty oletusta 1 € on 6 markkaa. Puolet on massatiivisteen osuus ja puolet työn kustannuksia. Sujutusmenetelmällä voidaan tiivistää muuratut, teräsbetoni-, betoni-, kipsi- ja asbestikanavat. Sujutusmenetelmän hinta oli noin 275 markkaa per juoksumetri. (Säteri et al., 1999) Joka on noin 45 €/juoksumetri. Näiden kahden menetelmän keskiarvoksi saadaan 65 €/juoksumetri. Juoksumetrien määrään vaikuttaa merkittävästi asuinkerrostalon korkeus, jota ei oteta huomioon korjausvelkamallissa. Näin ollen hormien tiivistämisen korjausvelkaa ei saada tämän tarkemmin arvioitua.

Jos vanha ilmanvaihtojärjestelmä halutaan päivittää uuteen tyyppiin, esimerkiksi painovoimaisesta koneelliseen, täytyy käytännössä koko ilmanvaihtojärjestelmä uudisrakentaa. Kustannusten voidaan arvioida vastaavan uudisrakentamisen hintoja. Tässä työssä on esitetty tietyille korjauksille löydettyjä hintoja. Käytännössä ilmanvaihtojärjestelmää ei korjata, vaan jos käyttötarve muuttuu, se uusitaan kokonaan moderniin ilmanvaihtoon.

Palonen on arvioinut eri ilmanvaihtomenetelmien investointikustannuksia, joihin sisältyy suunnittelu- ja työkustannukset. Arviot on saatu urakoitsijoiden ja laitevalmistajien tiedoista. Hänen mukaansa hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä maksaa 193 €/asm², keskitetty 217 €/asm² ja välimalli, jossa on asuntokohtainen tulo ja keskitetty poisto, maksaa 213 €/asm². Palosen laskelmat ovat nykyarvoja, joissa on otettu huomioon investointikustannukset, energiakustannukset ja lainan korkokulut. Vuokra-asunnoissa uudistetaan ilmanvaihtoa useammin, kun taas asunto-osakeyhtiöissä tyydytään pitämään alkuperäistä ilmanvaihtojärjestelmää yllä. (Palonen, 2011)

Alkuperäisen ylläpitäminen on selkeästi halvempaa, koska kustannuksia tulee lähinnä kanaviston puhdistamisesta, ilmanvaihdon säädöstä ja ilmanvaihtokoneen uusimisesta, jotka ovat pieniä verrattuna täyteen uusintaan. Jos nämä muutostyöt tehdään linjasaneerauksen yhteydessä, voidaan säästää kustannuksissa noin 40 €/asm^2 (Palonen, 2011). Uotila on luetellut selvittämäänsä asuinkerrostalon energiatehokkuutta parantavien korjaustoimien kustannuksia. Ilmanvaihtokoneen uusimisen kustannus on laajalla välillä $1\text{--}10 \text{ €/asm}^2$. (Uotila, 2012)

Lantton diplomityössä tyypilliseen 70-luvun asuinkerrostaloon peruskorjattiin vanha koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä hajautetuksi järjestelmäksi, jossa pyrittiin hyödyntämään vanhoja poistoilmakanavia ja poistoilmakoneita. Peruskorjaamisen kustannukseksi tuli Lantton laskelmien perusteella 127 €/asm^2 . Tämän lisäksi kunnossapitokustannuksien nykyarvo oli 34 €/asm^2 , joka sisältää ilmanvaihtokoneiden uusinnan 25 vuoden iässä. (Lantto, 2011)

Ilmanvaihdossa suuremmat korjaukset tulevat vaihtoehdoksi, kun halutaan muuttaa järjestelmän toimintaa (RT18-10922, 2008). Eli varsinaisessa järjestelmässä ilmanvaihtokanavavistot kestävät pitkään säännöllisellä huollolla kuten nuohouksella. Nuohouksen hinnaksi löytyy arvioiksi $1\text{--}3 \text{ €/asm}^2$ (Uotila, 2012) ja 0.9 €/asm^2 (Boström et al., 2012). Sen sijaan säännöllisesti vaihdettavia osia järjestelmässä ovat suodattimet, ilmanvaihtokoneet, lämmöntalteenottojärjestelmä, sekoitusosat ja erilaiset sulku-, säätö- ja mittauslaitteet, joille Rakennustieto arvioi käyttöiäksi noin 23 vuotta (RT18-10922, 2008).

Taulukossa 2.13 on tiivistettynä kirjallisuuslähteistä lasketut keskiarvoiset kustannustiedot eri ilmanvaihtojärjestelmiin kohdistuviin toimenpiteisiin. Jos osa uusitaan, sen käyttöiän lisäys on modernin käytetyn osan tekninen käyttöikä. Kustannusarvion lähde on esitetty sen edellä ja käyttöiän lisäyksen lähde sen alapuolella.

2.2.4 Sähkö

VTT:n korjausrakentamisen tutkimuksessa painotetaan, että sähkökorjaukset liittyvät harvemmin rakennuksen ikään, vaikka ne ovat yleisimpiä ennen 1970-lukua rakennetuissa kiinteistöissä. Sähkökorjauksia tehdään kun halutaan päivittää tai korjata olemassa olevia järjestelmiä, kuten valaistusta. (Vainio et al., 2002) Uutta järjestelmää asennettaessa ovat vanhat asennusputket käyttökelvottomia. Tällöin tehdään uppoasennus, joka on rakenteellisesti kallis operaatio tai käytetään pinta-asennustekniikoita, joilla saadaan halvemmalla asennettua uudet sähkökaapeloinnit. (Neuvonen et al., 2006, s. 191)

Taulukko 2.13: Asuinkerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmien korjaus- ja uusinta-kustannukset.

| Osa | Hinta [€/asm ²] | Käyttöiän lisäys [a] |
|---|--------------------------------|---------------------------|
| Rakennusaineisen hormin tiivistys (Säteri et al., 1999) | 65[€/juoksumetri] 100;50;45 | 100 |
| IV-kanavien nuohous (Boström et al., 2012) (Uotila, 2012) | 1.6 0.9 1-3 | 10 (RT18-10922, 2008) |
| IV-koneen uusinta (Uotila, 2012) | 5.5 1-10 | 23 |
| IV-järjestelmä uusinta hajautetuksi (Lantto, 2011) (Palonen, 2011) | 160 127 193 | 100 (RT18-10922, 2008) |
| IV-järjestelmä uusinta keskitetyksi (Palonen, 2011) | 217 217 | 100 (RT18-10922, 2008) |
| IV-järjestelmä uusinta hajautettu tulo ja keskitetty poisto (Palonen, 2011) | 213 213 | 100 (RT18-10922, 2008) |

1950-luvulla valmistuneet asuinkerrostalot

Sähkökaapelit sijoitettiin rakenteiden sisään asennusputkiin. Ryhmätaulut olivat yleensä huoneiston eteisessä. Sähköjohtimet olivat yleisesti vulkanoituja kumieristeisiä asennusjohtimia. Muovieristeisen johdot hyväksyttiin käyttöön 1954 ja muoviset asennusputket tulivat 1959. (Neuvonen et al., 2006, s. 117)

Vulkanoidut kumieristeet ovat nykyisin vanhentuneita ja ne tulee uusia saneeratuksessa muovieristeisiksi (Mäkiö et al., 1990, s. 190).

Vuosina 1960-1975 valmistuneet asuinkerrostalot

Sähkön käyttö lisääntyi huomattavasti elementtirakentamisen aikakaudella sähkölaitteiden yleistyessä kodeissa. Sähkömittarit siirtyivät asunnoista mittaritaulukomeroihin. Paikallaan valettuihin rakenteisiin sijoitettiin sähköjohtojen asennusputket seinien sisään. Elementtitaloissa asennusputkitukset tehtiin valmiiksi elementteihin ja työmaalla ne liitettiin toisiinsa. 70-luvulla keskitettiin suurin osa sähköasennuksista kylpyhuone-elementteihin. Tavanomainen asennustapa oli yhdistelmä upotettuja ratkaisuja seiniin ja välipohjien onteloihin, sekä osa asennuksista erikoisrakenteiden listojen sisään pinnoille. (Neuvonen et al., 2006, s. 189)

Vuosina 1976-2000 valmistuneet asuinkerrostalot

Sähkönkulutus jatkoi tasaista kasvua laitteiden lisääntyessä koko käsitellyn aikakauden aikana. Betonistandardin mukaisissa asuinkerrostaloissa sähköverkon nousujohdot olivat joko kylpyhuone-elementin yhteydessä, tai erillisessä nousukuilussa porrashuoneen seinässä. Vaakavedot sijoitettiin välipohjaelementtien onteloihin ja saumoihin. Ryhmäkeskuksissa tuli käyttöön automaattiset johdon-suojakatkaisijat 1980-luvulla. 1990-luvulla alettiin asentamaan yleiskaapelointia uusiin ja olemassa oleviin asuinkerrostaloihin. Yleiskaapelointiin kuuluu tietoliikenneverkko ja esimerkiksi kiinteistönvalvontajärjestelmä. (Neuvonen et al., 2006, s. 233)

Sähköjärjestelmien korjauskustannukset ja käyttöiät

Rakennustiedon uudemmassa käyttöikien ohjekortissa (RT18-10922, 2008) ei ole määriteltynä sähköjärjestelmien käyttöikä, mutta vanhemmassa tiedonjyväkortissa (KH90-40016, 1994) vuodelta 1994 on. Asuinkerrostalon sähköjärjestelmien käyttöikä vaihtelee. Sähköjohdoilla se on 50 vuotta ja sähkökeskuksilla 30 vuotta (KH90-40016, 1994). ARA:n arvio sähköjärjestelmien teknisestä käyttöiästä on 40 vuotta, joskin tässä mainitaan lähteeksi Rakennustiedon käyttöikä-tietokortti (Anttila et al., 2012). Eli ARA näyttää ottaneen keskiarvon sähköjohtojen ja sähkökeskusten käyttöiästä.

Sähkö- ja telejärjestelmien kehittyessä tulee usein tarve uusien järjestelmien käyttötarpeiden lisääntyessä ja tekninen käyttöikä ei ehdi täyttyä. Samasta syystä johtuen sähkö- ja telejärjestelmät ei korjata, koska uusiessa voidaan päivittää järjestelmät.

Kerrostalon ilmastonmuutos tutkimuksessa arvioidaan putkisaneerauksen yhteydessä tehtävien sähkö-, antenni- ja datajohtojen uusintojen maksavan enimmillään 27 €/asm^2 (Palonen, 2011). Tätä ei ole kohdistettu mihinkään tietyn aikakauden asuinkerrostaloon vaan perustuu siihen, että yleiskaapelointi uusitaan, eikä korjata. Lantton diplomityöstä löydetään pelkälle sähkötyölle arvioitu kustannus. Joskin sähkötyölle on vaikea yleistää kustannusta, koska tehtävät korjaukset ja lisäykset vaikuttavat siihen merkittävästi. Nämä riippuvat asuinkerrostalosta ja siitä mitä korjauksia sinne on tehty aiemmin. Lanton esimerkkilaskuissa tyypilliselle 1970-luvun asuinkerrostalossa lisättiin huoneistoihin ethernetliitännät, uusittiin antennikaapelointi ja märkätiloihin asennettiin sähköinen lattialämmitys (Lantto, 2011). Näiden yhteiskustannus oli 58 €/asm^2 (Lantto, 2011). Joka on kaksi kertaa enemmän kuin KIMU-tutkimuksen arvio. Toisaalta niissä ei todennäköisesti ollut mukana lattialämmitystä, koska se mainitaan usein putkisaneerauksen yhteydessä ja putkisaneeraukseen liitettynä sähkökorjaukset mak-

savat vähemmän koska voidaan yhdistää rakennekustannuksia. Jos Lantton arviosta vähennetään KIMU-tutkimuksen arvio, tulos vastaa arviolta Lantton sähköitöiden kustannusta ilman lattialämmitystä. Uusi arvio kustannuksesta on silloin $31\text{€}/\text{asm}^2$. Näiden kahden keskiarvo on $29\text{€}/\text{asm}^2$.

ARA:n selvityksessä käytettiin kustannusarviona sähköjärjestelmien uusinnalle $160\text{€}/\text{m}^2$ (Anttila et al., 2012). ARA:n kustannusarvio on reilusti suurempi kuin muiden lähteiden, eikä siinä selvitetä mistä se koostuu. Siinä on mahdollisesti laskettuna mukaan sähköpääkeskukseen, sähkömittareihin ja valaistuksiin liittyviä muutoksia. Tämä jätetään keskiarvosta huomioimatta. ARA:n arviota voitaisiin käyttää jatkokehityksessä asuinkerrostalon täydellisen sähköjärjestelmän uusinnan kustannusarviona.

Usein linjasaneerauksen yhteydessä suoritetaan sähköjärjestelmän huoltoa tai uusintaa, jolloin sen kustannukset sisältyvät linjasaneerauksen kustannuksiin ja ovat hankesuunnitelmien perusteella noin 14% kokonaiskustannuksista.

Taulukossa 2.14 on sähköjärjestelmän johtojen uusinnan kustannuksen keskiarvo eri lähteistä. Kustannusarvion lähdteen on esitetty sen edellä ja käyttöiän lisäyksen lähde sen rinnalla.

Taulukko 2.14: Asuinkerrostalojen sähköjärjestelmien korjaus- ja uusintakustannukset.

| Osa | Hinta [$\text{€}/\text{asm}^2$] | Käyttöiän lisäys [a] |
|--|-----------------------------------|-----------------------|
| Sähköjohtojen uusinta (Palonen, 2011) | 29 | 50 (KH90-40016, 1994) |
| (Lantto, 2011) | 27 | |
| | 31 | |

2.2.5 Ulkoseinärakenne

Tampereen teknillisen yliopiston suorittamat tutkimukset julkisivujen vaurio-mekanismeihin ja niihin vaikuttaviin tekijöihin on kerätty loppuraportissa ”Betoni-julkisivujen korjausstrategiat”. Näissä tutkimuksissa havaittiin, että jako rannikkoon ja sisämaahan riittää tutkittaessa julkisivuja ja niiden teknisiä korjaustarpeita. (Lahdensivu et al., 2010) Eli alueelliset erot eivät ole suuria sisämaassa. Köliön mukaan ei kuitenkaan yksittäisen rakennuksen korjaustarpeita pysty määrittämään laajemman tilastollisen aineiston perusteella, vaan tulisi suorittaa kattava kuntotarkastelu (Köliö, 2011). Tilastollisen aineiston perusteella tehty korjausehdotus yksittäiselle rakennukselle voi johtaa liian raskaaseen tai kevyeen ratkaisuun (Köliö, 2011). Tämän diplomityön mallin perusteella on tarkoitus antaa ohjaavaa tietoa avustamaan kiinteistön omistajia. Tämän kaltaisen

mallin käyttäminen ei tietenkään koskaan vie pois vastuuta päätöksentekijöiltä, eikä korvaa kattavaa kuntotutkimusta.

VTT:n mukaan julkisivukorjaukset ovat kasvava trendi 60-, 70-, ja 80-luvun laajan asuinkerrostalokannan saapuessa peruskorjausikänsä. 2000-luvun peruskorjausmäärä kaksinkertaistuu, 2010-luvun nelinkertaistuu ja 2020-luvun kuusinkertaistuu verrattuna 1990-lukuun. Laskennassa on arvioitu, että 60-luvun asuinkerrostalojen julkisivujen korjausikä vaihtelee 15-45 vuoden välillä ja vuosina 1970-2000 rakennetut korjataan 30-35 vuoden iässä. (Lehtinen et al., 2005)

Jos asuinkerrostaloissa on tehty jo jotain julkisivukorjauksia, niiden laadusta on syytä ottaa selkoa. Ennen vuotta 1990 tehtyt peittävät korjausmenetelmät ovat saattaneet tarkoittaa vain vaurioituneen kohdan visuaalista peittämistä, jolloin vaurio on päässyt pahenemaan peitteen alla (Lahdensivu, 2010). Lisälämmöneristäminen tulee monesti kyseeseen, kun tehdään vanhaan julkisivuun saneerausta, tällöin rakenteen ollessa auki voidaan lisätä lämmöneristettä ja parantaa asuinkerrostalon energiatehokkuutta.

1950-luvulla valmistuneet asuinkerrostalot

50-luvun alkupuolen yleisin ulkokuoriratkaisu oli sekarunko, jossa betonipilarit korvasivat talon keskellä olevat kantavat tiilimuurit, mutta ulkokuoressa säilyi kantava massiivitiili (Mäkiö et al., 1990, s. 64). Talon ulkokuoressa vaihteli monireikätiili ja tiili lämmöneristeen kanssa (Neuvonen et al., 2006, s. 88). Mäkiö et al. luokittelee kolme erilaista ryhmää aikakauden ulkovaipan ratkaisuiksi. Ensimmäisenä massiivinen seinärakenne, jossa sama osa on kantava ja lämpöä eristävä. Toisessa ryhmässä on erillinen kevyempi lämpöä eristävä kerros ja kantava tiilitai betoniseinä. Kolmannessa ryhmässä on pelkkä kevytrakenne, tällöin kantavana rakenteena toimii jokin muu osa rakenteesta, kuten väliseinät tai pilarit. (Mäkiö et al., 1990, s. 118)

Toinen yleinen ulkokuoriratkaisu oli betonipilarirunko, jossa kaikki kantavat pystyrakenteet on teräsbetonipilareita, ja ulkokuori on kevytrakenteinen.

Ulkoseinärakenteita oli useista eri materiaaleista 50-luvulla. Tiilimuurirungossa kantavat pystyrakenteet ovat tiiltä. 50-luvun uutuus olivat suurtiilet. (Neuvonen et al., 2006, s. 88) Paksu tiilimuuri on pitkään kestävä rakenne, jonka korjaustarve on lähinnä saumoihin kohdistuvaa (Neuvonen et al., 2006, s. 98). Rakennustiedon ohjekortin mukaan kantavien rakenteiden käyttö-iän voidaan katsoa olevan rakennuksen suunniteltu käyttöikä (RT18-10922, 2008). Kunhan tarkastuksia tehdään ja mikään rakenteellinen virhe, asennusvirhe tai muu tekijä aiheuta vaurioita. Lahdensivun tutkimusten mukaan tyypillinen vauriomekanismi massiivitiilimuureille eivät ole tiilit itse, vaan muurauslaastin pakkasrapautuminen (Lah-

densivu, 2010). Yksittäisten tiilien rapautumista on nähtävissä vanhoissa massiivitiilimuureissa, mutta näiden rakennusten käyttöikä on jo noin 100 vuotta (Lahdensivu, 2010). Huonon kiinteistönpidon on mahdollista aiheuttaa tiilimuureissa pakkasvaurioita, mutta vanhempien massiivitiilimuurien pitkäikäisyydestä voidaan todeta, että 50-luvun massiivitiilimuuret voivat saavuttaa erittäin pitkän käyttöiän.

Tiilimuurin rappauksella, esimerkiksi kolmikerrosrappauksella, jolla saadaan parannettua pakkasenkestävyyttä ja alennettua kosteusrasitustasoa, on tavoitteellinen käyttöikä 30-50 vuotta. Peittävien korjausten, joiden tavoitteena on kuivattaa rakenteita, käyttöikä on 30-50 vuotta. Tietenkin muuri voidaan uusita kokonaan, jolloin käyttöiän tavoite on vastaava kuin uudisrakentamisessa, eli 50-100 vuotta. (Lahdensivu, 2010)

50-luvun puolivälissä betonista tuli yleisin ulkokuoren rakennusmateriaali ja betoniseinärunkosta rakennetuin ulkoseinä rakenne, jossa ulkoseinät ja kantavat väliseinät valettiin paikalla betonista. Julkisivu yleisimmin eristettiin kevytbetonilla. Toinen tapa eristää oli lastuvillalevyllä tai mineraalivillalla, jolloin verhoukseen käytettiin asbestisementtilevyä, poimupeltiä tai tiiltä. (Neuvonen et al., 2006, s. 88-91)

50-luvulla runkoratkaisut vaikuttavat olleen keskimäärin asianmukaiset. Neuvonen et. al. ja Mäkiö et. al. eivät mainitse erityisiä ongelmia (Neuvonen et al., 2006; Mäkiö et al., 1990). Enemmän ongelmia on ulkoseinien ulkopinnassa, eli julkisivussa.

50-luvulla yleisimmät julkisivut ovat maalattu rappaus, tiilijulkisivut ja levypinnoitettiset julkisivut (Neuvonen et al., 2006, s. 98-99)(Mäkiö et al., 1990, s. 119).

Rapattuja julkisivuja korjataan joko paikkaamalla, tai uusimalla koko julkisivun rappaus vanhan mallin mukaisesti, esimerkiksi aikakaudelle yleisellä kolmikerrosrappauksella (Neuvonen et al., 2006, s. 98). Rappaus peittää koko alustan ja parantaa sen vedenimuominaisuuksia (Lahdensivu, 2010). Rakennustiedon ohjekortti arvio kolmirappaukselle keskimäärin 50 vuoden käyttöikää, riippuen olosuhteista jossa julkisivu sijaitsee, tämä käyttöikä nousee tai laskee (RT18-10922, 2008). Rakennustiedon ohje käyttöiästä vastaa muita tutkimuksia kuten (Lahdensivu, 2010). Samassa ohjeessa on suosituksena suorittaa 15 vuoden välein huolto- maalaus (RT18-10922, 2008), joka vastaa Neuvonen et. al. (Neuvonen et al., 2006, s. 98) ohjeita 50-luvun rapattujen julkisivujen huollosta.

Rappauksen tyypillisiä vauriomekanismeja on esimerkiksi laastien rapautuminen, rappauksen irtoaminen alustasta, halkeilu, alustan vaurioituminen ja virheet kosteustekniikassa. Pintakäsittelyllä on vaikutusta rappauksen vaurioitumiseen, mutta 50-luvulla käytetyt epäorgaaniset pinnoitteet eivät aiheuttaneet ongelmia koska ne sallivat rakenteen kuivumisen. Rappauksen vaurioita voi-

daan korjata paikkaus- ja pinnoituskorjauksena, jonka käyttöikä on 20 vuotta. Toinen vaihtoehto on suorittaa peittävä korjaus, jossa käyttöikä on 30-50 vuotta. Jos koko rappaus puretaan ja uusitaan täysin, sen käyttöikä tavoite on 50 vuotta. (Lahdensivu, 2010)

Ohuet tiilijulkisivut ovat paksua tiilimuuria ongelmallisempia. Niissä on monia rakenteellisia ongelmia kuten vesivuodot ja puutteelliset tuuletusraot, jotka saattavat aiheuttaa purkamistarpeen (Neuvonen et al., 2006, s. 98). Toisaalta Rakennustiedon ohjekortti antaa tiilijulkisivulle tavallisissa käyttö-olosuhteissa rakennuksen kestoian mittaisen kestoian, eli ei varsinaista rajoitusta (RT18-10922, 2008). Ohjeen mukaan 25 vuoden välein tulisi tehdä saumakorjauksia tiilijulkisivuun (RT18-10922, 2008), jolloin saadaan vältettyä osa Neuvonen et al. (Lahdensivu, 2010) mainitsemista ongelmista. Toisaalta Rakennustiedon ohjekortti ei ota huomioon juuri 50-luvulle tyypillistä tiilijulkisivua ja rakennustekniikoita, vaan niputtaa kaikkien vuosikymmenien tiiliverhoilut samaan kategoriaan. 50-luvun asuinkerrostaloissa on siis syytä pitää silmällä tiilijulkisivujen kuntoa, jotta voidaan paikallistaa rakenteelliset virheet ja korjata ne.

Neuvonen raportoi, että massiivitiilimuuren pintaan tehdyllä kennotiilillä, tai muulla lämmöneristävyyttä parantavalla materiaalilla, on kylmemmissä olosuhteissa kosteusrasitus, mutta niissä ei yleisesti ole tuuletusrakoa (Lahdensivu, 2010). Tämänkaltaisia rakenteita käytettiin 50-luvun asuinkerrostaloissa (Neuvonen et al., 2006, s. 98). Kosteus jota ei tuuleteta aiheuttaa vaurioita rakenteeseen.

Levyypintaiset julkisivut on helppo vaihtaa tarvittaessa uusiin levyihin, joihin haetaan samaa levymallia ja väriä kuin alkuperäisessä (Neuvonen et al., 2006, s. 99). Rakennustiedon ohje arvioi lautaverhoilulle keskimäärin 50 vuoden käyttöikää tavallisissa olosuhteissa ja 5-20 vuoden välein huoltoa, riippuen jälleen olosuhteiden ankaruudesta (RT18-10922, 2008).

Taulukossa 2.15 on tiivistettynä aikakaudella käytetyt tyypilliset rakenteet ja taulukossa 2.16 korjausmenetelmät ja niillä saavutettu käyttöiän lisäys. Keskiarvo taulukon 2.15 alaosassa on yleistävä käyttöikä, jossa yhdistyy useamman materiaalin käyttöikä ylemmästä osasta taulukkoa. Taulukossa 2.15 on käyttöiän arvion lähde esitetty sen edellä ja huomioitavien seikkojen lähde niiden rinnalla tai alapuolella. Taulukossa 2.16 on käyttöikäien lisäyksiä lähteet ilmoitettu arvion yhteydessä.

Vuosina 1960-1975 valmistuneet asuinkerrostalot

60-luvulla kehitettiin elementtirakentamisen tarpeisiin kirjahyllyrunko, joka oli muokattu betoniseinärunko. Vain runkoon nähden poikittaiset väliseinät ja porrashuoneen seinät olivat kantavia. Tällöin oli mahdollista valmistaa julkisivut

Taulukko 2.15: Aikakaudella 1950-1959 käytetyt ulkokuorirakenteet ja julkisivu-ratkaisut.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|-------------------------------------|--|
| Runko massiivitiili (RT18-10922, 2008) (Lahdensivu, 2010) | 100 Rakennuksen elinkaari 100 | Saumakorjauksia (Lahdensivu, 2010) |
| Runko valettu betoni (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | |
| Julkisivu kolmikerrosrappaus | 50 (RT18-10922, 2008) | Huoltomaalausväli 15a (RT18-10922, 2008) (Neuvonen et al., 2006) |
| Julkisivu ohut tiili | 50 (RT18-10922, 2008) | Rakenneongelmat (Neuvonen et al., 2006) |
| Julkisivu levy pintainen (RT18-10922, 2008) | 50 50 | Huoltoväli 13a 5-20 |
| Keskiarvo julkisivut | 50 | |

Taulukko 2.16: Aikakaudella 1950-1959 käytettyihin ratkaisuihin soveltuvat korjausmenetelmät

| Osa | Korjausmenetelmä | Käyttöiän lisäys [a] |
|--------------------------|------------------|------------------------|
| Runko massiivitiili | Rappaus | 40 (Lahdensivu, 2010) |
| | Peittävä | 40 (Lahdensivu, 2010) |
| | Uusinta | 100 (Lahdensivu, 2010) |
| Rapattu julkisivu | Paikkaus | 20 (Lahdensivu, 2010) |
| | Peittävä | 40 (Lahdensivu, 2010) |
| | Uusinta | 50 (RT18-10922, 2008) |
| Levy pintainen julkisivu | Uusinta | 50 (RT18-10922, 2008) |

elementeistä. 60-luvun alkupuolella kirjahyllyrunko toteutettiin paikalla valetuna, joissa kevyissä väliseinissä, ilmanvaihtokanavissa, portaikoissa ja parvekkeissa saatettiin hyödyntää elementtejä. Yleisempi toteutustapa oli osaelementtiratkaisu, jossa kantavat rakenteen ja välipohjat toteutettiin paikalle valetuna ja loput elementeistä. Suomessa tehtiin 60- ja 70-lukujen vaihteessa laaja tutkimus, jonka perusteella muodostui betonielementtistandardi (BES), jonka mukaisesti alettiin toteuttamaan täyselementtitaloja vuodesta 1971 eteenpäin. Hyödyntämällä välipohjien pitkää jänneväliä, saatiin vähennettyä kantavien väliseinien määrää. Kantavia väliseiniä oli enää pääosin huoneistojen välissä. Elementtirakentamisen aikakaudella jatkettiin osittain 50-luvun ratkaisujen kuten massiivi-

tiilirakenteiden ja paikalle valettujen betonirakenteiden käyttämistä. (Neuvonen et al., 2006, s. 148-152)

60-luvulla betonista tuli yleisin kantavien rakenteiden materiaaleista. Ulkoseinien eristävänä materiaalina käytettiin usein kevytbetonia tai mineraalivillaa. Yleisin ulkoseinärakenne oli osaelementti-toteutuksessa käytetty betonisandwich-rakenne. Sandwich-rakenteessa on betonia ulko- ja sisäpinnalla ja niiden välissä jokin eriste, kuten mineraalivilla. (Neuvonen et al., 2006, s. 148-152)

Elementtirakentamisen aikakaudelta voidaan erotella kaksi yleisintä elementtirakennetta, nauhaelementti ja ruutuelementti. 1960-luvulla nauhaelementtijulkisivut olivat suosiossa, mutta niitä käytettiin vain ei-kantavissa päätyseinissä. Kantavia betoniseiniä verhoiltiin kevytbetonilla tai tiilellä. 60-luvun lopulla kustannustehokkaampi ruutuelementti tuli yleisimmäksi julkisivutyypiksi ja kehittyneet nosturit mahdollistivat ruutuelementtien käyttämisen sekä kantavissa, että ei-kantavissa päätyseinissä. (Neuvonen, 2009) Julkisivutyyppejä ei vaikuttanut kirjallisuustutkimuksen perusteella rakenteen kestävyys. Isompi merkitys oli käytetyllä verhoilulla.

Lahdensivun tutkimuksessa mainitaan yleisimpinä verhoiluina pesubetoni, harjattu maalaamaton betonipinta, maalattu betonipinta, muottipintainen maalaamaton betonipinta ja muottipintainen maalattu betonipinta (Lahdensivu, 2012). Betonijulkisivujen korjausstrategian lopputuloksena yleisimmiksi julkisivumateriaaleiksi mainittiin pesubetoni, muottipintainen ja maalattu betonipinta sekä harjattu ja maalattu betonipinta (Lahdensivu et al., 2010). Molemmat lähteet tukevat toisiaan. Rapattu julkisivu menetti suosiotaan 1960-luvusta eteenpäin (Lahdensivu, 2010). Siksi rapattua julkisivua ei tässä työssä pidetä tyypillisenä ratkaisuna aikakauden julkisivuksi.

Rakennustiedon ohjekortti ei erottele kovinkaan tarkasti eri julkisivumateriaaleja, mutta se mainitsee pinnoittamattomalle betonille käyttöikäksi 40 vuotta ja pinnoitetulle 50 vuotta (RT18-10922, 2008). Toisaalta aikakaudella on käytetty osassa julkisivuista orgaanista pinnoiteaine, joka hidastaa rakenteen kuivumista ja edesauttaa kosteusvaurioita ja täten vähentää käyttöikää (Lahdensivu, 2010). Molempien julkisivujen yhteydessä on suositeltuna erilaisia huolto- ja tarkastustoimenpiteitä säännöllisin väliajoin (RT18-10922, 2008).

Lahdensivun et al. mukaan yleisimmät vauriot julkisivuihin syntyy betonin sisällä olevien raudoitusten korroosiosta ja puutteellisesta pakkassuojauksesta (Lahdensivu et al., 2012). Lahdensivu teki väitöskirjansa tutkimalla 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalojen betonisten julkisivujen ja parvekkeiden kestävyysominaisuuksia ja todellista kulumista (Lahdensivu, 2012). Betonin huurteen kestämistä tutkittiin mittaamalla materiaalin huokoisuutta (Lahdensivu, 2012). Lahdensivun tutkimusten mukaan rapatuissa julkisivuissa 76% ja tiilellä viimeistellyissä jul-

kisivuissa 58% on alle määräyksien mukaisen pakkassuojauksen (Lahdensivu et al., 2012). Lahdensivun tutkimusten mukaan jo visuaalisella tarkastelulla nähtiin 60-70-luvun asuinkerrostalojen rapatuissa julkisivuissa 92%:ssa jonkinasteista korroosio-vauriota ja tiilellä verhoillussa julkisivuissa jopa 100%:ssa (Lahdensivu, 2012).

Ongelmat juontavat osittain puuttelliseen betonin laatuun, joka johtui tuotantovaiheessa tehdyistä säästöistä ja osittain työmaalla tehtyihin ratkaisuihin asennusten yhteydessä. (Neuvonen et al., 2006, s. 168-171). Betonin ominaisuuksien vaikutuksista sen kestävyys ei ollut tarpeeksi tietoa, kun 60- ja 70-luvun betonielementtikerrostaloja rakennettiin (Nieminen, 2010). Toinen ongelma sandwich-rakenteessa oli sen umpinainen rakenne, jossa tuuletus ja vedenpoisto ei toiminut (Neuvonen et al., 2006). Tämä on osasyllinen betonilähiöiden ongelmiin.

Pakkasrapautumisen ja raudoitusten korroosion aiheuttamien vaurioiden korjaamista voi suorittaa usealla eri tavalla. Jokainen tapa antaa oman käyttöönsä lisäyksen julkisivulle. Varjonen et al. ovat tutkineet käytännöllisiä teknisiä ratkaisuja ja rajoituksia käsitellyn aikakauden julkisivujen korjausten ja ylläpidon tekemiseen. Jos julkisivu on hyvässä kunnossa, se voidaan vain maalata uudestaan ja saadaan keskimäärin 15 vuotta käyttöikää. Jos julkisivubetoni on huonolaatuista ja sitä halutaan suojata tulevalta vauriolta, voidaan käyttää suojaavaa pinnoitusta, jolloin käyttöikää saadaan keskimäärin 22 vuotta lisää. Julkisivu voidaan käsitellä betoniin tunkeutuvalla aineella, joka vähentää betoniin imeytyvän kosteuden määrää. Tälle menetelmälle Varjonen et al. eivät ole määrittänyt käyttöikää. Syvempiä paikallisia vaurioita voidaan korjata paikkaamalla, johon voidaan yhdistää aiemmin mainittuja menetelmiä. Paikkaukselle Varjonen et al. arvioivat käyttöikää 25 vuotta. Korroosiota voidaan poistaa ja hidastaa sähkökemiallisilla menetelmillä, joilla saadaan sen hetkinen korroosio poistettua ja annettua suojaa joko muutamaksi vuodeksi tai jos järjestelmä on pysyvä asennus, erittäin pitkäksi aikaa. Jos julkisivun ulkonäköä voidaan muuttaa, voidaan käyttää verhoukorkorjausta, jolloin Varjonen et al. arvioivat käyttöiän pitenevän keskimäärin 40 vuodella. Perusteellisin korjausmenetelmä on purkaa koko julkisivu ja rakentaa tilalle uusi. Tällöin on käytössä uudet menetelmät ja materiaalit, jolloin voidaan imitoida vanhaa tyyliä, mutta saavuttaa parempi käyttöikä. Varjonen et al. arvioivat käyttöiän olevan uudistuksella jopa 100 vuotta. (Varjonen et al., 2006)

60-luvulla ja osittain 70-luvulla oli elementtitalojen saumausaineissa käytössä PCB-yhdisteitä, mutta niiden käyttöä vähennettiin 70-luvulla. PCB-yhdisteet leviävät saumojen kuluessa ympäröivään maaperään aiheuttaen terveysriskejä. (Palonen, 2011)

Taulukossa 2.17 on tiivistettynä aikakaudella käytetyt tyypilliset rakenteet ja tau-

lukossa 2.18 korjausmenetelmät ja niillä saavutettu käyttöiän lisäys. Paikkausrajat on käsitelty ulkokuorien kustannuksien osuudessa. Keskiarvo taulukon 2.17 alaosassa on yleistävä käyttöikä, jossa yhdistyy useamman materiaalin käyttöikä ylemmästä osasta taulukkoa. Taulukossa 2.18 paikkaus ja pinnoitustyyppisten korjausten keskiarvo tulee suojaavan pinnoitteen ja ilman sitä tehdyn paikkaavan korjauksen käyttöikäjen lisäyksen keskiarvosta (Varjonen et al., 2006). Taulukossa 2.17 on käyttöiän arvion lähde esitetty sen edellä ja huomioitavien seikkojen lähde niiden rinnalla tai alapuolella.

Taulukko 2.17: Aikakaudella 1960-1975 käytetyt ulkokuorirakenteet ja julkisivuratkaisut.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|---------------------------------|---|
| Runko Osaelementti (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | |
| Runko BES-täyselementti (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | PCB-yhdisteet (Palonen, 2011), kosteus (Neuvonen et al., 2006) |
| Julkisivu pesubetoni (RT18-10922, 2008) | 40 40 | Paikkausraja 26a (Lahdensivu et al., 2010) |
| Julkisivu muottipintainen ja maalattu (RT18-10922, 2008) | 50 50 | Paikkausraja 21a (Lahdensivu et al., 2010) |
| Julkisivu harjattu ja maalattu (RT18-10922, 2008) | 50 50 | Paikkausraja 14a (Lahdensivu et al., 2010) |
| Julkisivu harjattu ja maalaamaton (RT18-10922, 2008) | 50 50 | Paikkausraja 29a (Lahdensivu et al., 2010) |
| Keskiarvo julkisivut | 48 | |

Taulukko 2.18: Aikakaudella 1960-1975 käytettyihin ratkaisuihin soveltuvat korjausmenetelmät (Varjonen et al., 2006).

| | |
|--|----------------------|
| Yleisesti betonijulkisivuille | Maalausväli 15a |
| Korjausmenetelmä | Käyttöiän lisäys [a] |
| Paikkaus ja pinnoitustyyppiset keskiarvo | 24 |
| Paikkaus ja pinnoitustyyppiset ilman suojaavaa pinnoitusta | 25 |
| Vaurioituneen alueen verhoukorkorjaus | 40 |
| Vaurioituneen alueen purkaminen ja uusiminen | 100 |

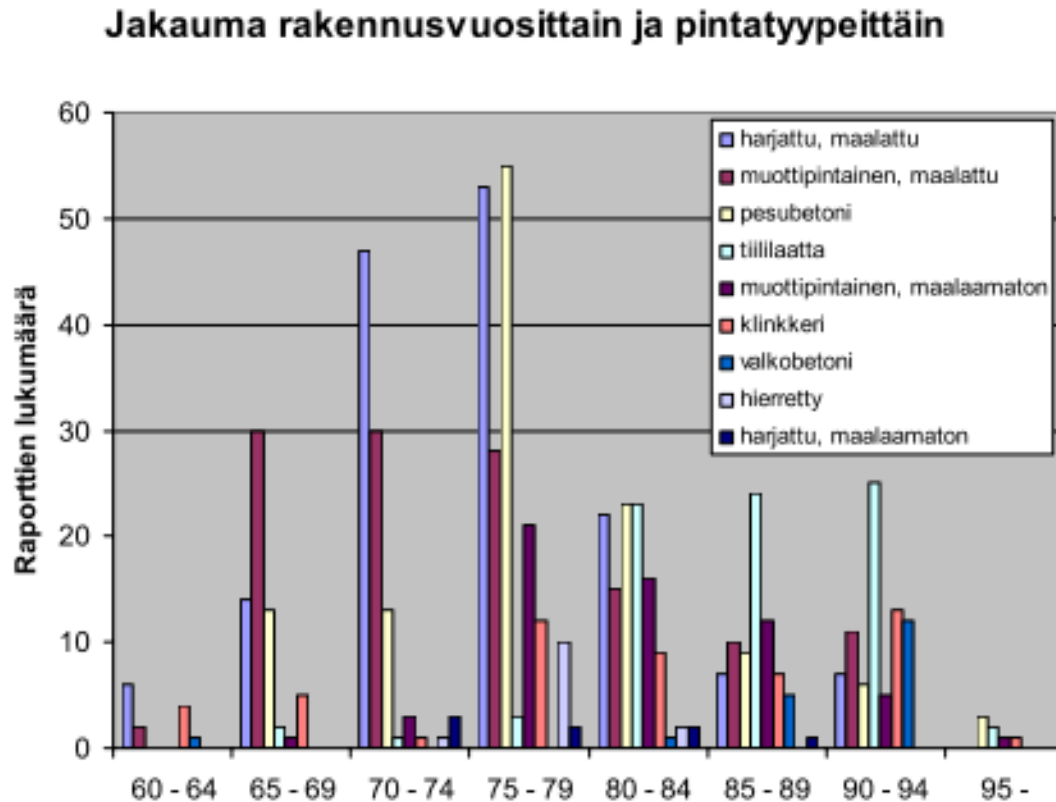
Vuosina 1976-2000 valmistuneet asuinkerrostalot

Yleisin kerrostalorunkotyyppi modernin asuinkerrostalojen rakentamiskaudella oli betonistandardin mukainen kirjahyllyrunko, jossa hyödynnettiin esijännitettäjä välipohjalaattoja. Yleisin ulkoseinärakenne oli betonisandwich-elementti vaihtelevalla pintakäsittelyllä. Neuvonen et al. mainitsevat myös paikalla muuratut julkisivut, joiden sisäkuorena oli betonielementti tai rankaseinä. (Neuvonen et al., 2006, s. 214) Vaikka betonisandwich on nimellisesti sama kuin edellisellä aikakaudella käytetty, sen rakenne on erilainen. Modernissa sandwich-rakenteessa on osattu ottaa huomioon kosteuden poistaminen ja tuuletus. Ensin tuuletusputkien ja 90-luvulla yhtenäisen ilmaraon käytöllä. (Neuvonen et al., 2006, s. 216-217) 80- ja 90-luvun kehitystyön tuloksena tätä uudemmille betonielementeille voidaan betonin laadun puolesta ennustaa aiempaa pidempi käyttöikä (Neuvonen et al., 2006, s. 168). Nykyisten määräyksien mukaan Lahdensivun mainitsema betonin huokoisuus täytyy olla kunnossa, joten betonin pakkasenkestävyys on riittävällä tasolla modernissa betonissa (Lahdensivu, 2012).

1990-luvulla aloitettiin erilaisia kokeiluja, joilla pyrittiin löytämään vaihtoehtoja betonistandardin mukaisille elementtitaloille. Näitä runkotyyppejä on teräs ja puurunkoiset kerrostalot, joita rakennettiin, mutta ei yhtä suuressa mittakaavassa kuin betonielementtikerrostaloja. (Neuvonen et al., 2006, s. 216).

Lahdensivun väistöskirjassa on yhtenä tietolähteenä toiminut eri tahojen kuntotutkimusten perusteella koottu tietokanta julkisivuista (Lahdensivu, 2012). Tietokannassa on mukana asuinkerrostalojen lisäksi liikekiinteistöjä. Tulokset on esitetty visuaalisesti kuvaajassa 2.1.

Tietokannan perusteella 70-luvun loppupuolella yleisimmät julkisivun pinnoitukset tai materiaalit ovat pesubetoni, harjattu ja maalattu betonipinta ja muotitipintainen maalattuna tai maalaamattomana (Lahdensivu, 2012). Mielenkiintoisesti taas vuodesta 1980 eteenpäin, käytettyjen julkisivujen vaihtelu laajenee, koska ei ole nähtävissä enää niin selkeää suosiota tietyille menetelmille muiden yli. Mielenkiintoisesti tiililaatta ja valkobetoni ovat saavuttaneet suurempaa suosiota lähestyttäessä 2000-lukua. Tämä suosion kasvu voi johtua näiden materiaalien hyvistä ominaisuuksista, Lahdensivun mukaan näissä julkisivuissa oli vähiten näkyvissä vaurioita (Lahdensivu, 2012), toisaalta tämä voi johtua myöhemmästä rakennuskaudesta tutkimukseen nähden. Rapatut julkisivut sen sijaan katoavat hyvin pieneksi osaksi julkisivuja 70-luvulta eteenpäin (Lahdensivu, 2010). Vuosina 1975-1980 pesubetonin suosio on poikkeuksellisen korkea verrattuna edellisiin ja seuraaviin vuosiin. Harjattu ja maalattu betonipinta on edelleen yleinen vuosina 1975-1980 mutta sen jälkeen sen suosio laskee tasaisesti kohti 2000-lukua. Sama ilmiö nähdään muotitipintaisessa betonipinnassa, sekä maalatussa, että maalaamattomassa. Valkobetonin käyttö alkaa 1980-luvulta ja kasvaa



Kuva 2.1: Julkisivujen verhoiluratkaisujen jakauma suhteessa rakentamivuoteen (Lahdensivu et al., 2010)

tasaisesti 2000-luvulle. (Lahdensivu et al., 2010) Samanlaista yksinkertaista yleistystä kuin edeltävillä aikakausilla ei voi siis tehdä pitkällä modernin rakentamisen aikakaudella. Yleinen trendi vaikuttaa olevan betonistrategia-tutkimuksen mukaan, että asuinkerrostalojen julkisivuissa haetaan enemmän monimuotoisuutta ja kaikkia erilaisia julkisivumateriaalia käytetään suhteellinen tasaisesti (Lahdensivu et al., 2010). Ulkonäön lisäksi julkisivumateriaalilla on vaikutus ulkoseinärakenteen kestävyys. Valkobetonissa ja klinkkeripintaissa betonissa karbonatisoituminen etenee huomattavasti hitaammin kuin muilla julkisivumateriaaleilla (Lahdensivu et al., 2010).

Täysin vastaavia nimikkeitä ei löydy rakennustiedon ohjekortissa, mutta betonin käyttöä julkisivuissa on annettu 40 vuotta pinnoittamattomalle ja 50 vuotta pinnoitetulle. Tiiliverhouksen käyttöä on arvioitu koko rakennuksen käyttöikä, eli jopa sata vuotta. (RT18-10922, 2008) Lahdensivun et al. tutkimuksen

perusteella klinkkeristä, tiililaatasta ja valkobetonista tehdyt julkisivut ovat ominaisuuksiltaan samaa luokkaa (Lahdensivu et al., 2010). Yleistetään siis klinkkeripintaiselle ja valkobetoniselle julkisivulle käyttöikäarvioksi 100 vuotta, koska tarkkaa arviota ei löytynyt mistään lähteestä.

PCB-yhdisteiden käyttö saumausaineissa kiellettiin kokonaan 1990-luvulle tultaessa (Palonen, 2011). Korjausmenetelmät ovat samat kuin edellisellä aikakaudella. Pesubetonin tavoin klinkkeripintaiselle julkisivulle ei voi käyttää suojaavia pinnoitteita (Lahdensivu, 2010).

Taulukossa 2.19 on tiivistettynä aikakaudella käytetyt tyypilliset rakenteet ja taulukossa 2.20 korjausmenetelmät ja niillä saavutettu käyttöiän lisäys. Paikkausrajat on käsitelty ulkokuorien kustannuksien osuudessa. Keskiarvo taulukon 2.19 alaosassa on yleistävä käyttöikä, jossa yhdistyy useamman materiaalin käyttöikä ylemmästä osasta taulukkoa. Taulukossa 2.20 paikkaus ja pinnoitustyyppisten korjausten keskiarvo tulee suojaavan pinnoitteen ja ilman sitä tehdyn paikkaavan korjauksen käyttöikien lisäyksen keskiarvosta (Varjonen et al., 2006). Taulukossa 2.15 on käyttöiän arvion lähde esitetty sen edellä ja huomioitavien seikkojen lähde niiden rinnalla tai alapuolella.

Taulukko 2.19: Aikakaudella 1976-2000 käytetyt ulkokuorirakenteet ja julkisivuratkaisut.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|---------------------------------|---|
| Runko BES-täyselementti (moderni) | 100 | |
| Julkisivu pesubetoni (RT18-10922, 2008) | 40 40 | Paikkausraja 26a (Lahdensivu et al., 2010) |
| Julkisivu muottipintainen ja maalattu (RT18-10922, 2008) | 50 50 | Paikkausraja 21a (Lahdensivu et al., 2010) |
| Julkisivu harjattu ja maalattu (RT18-10922, 2008) | 50 50 | Paikkausraja 14a (Lahdensivu et al., 2010) |
| Julkisivu harjattu ja maalaamaton (RT18-10922, 2008) | 50 50 | Paikkausraja 29a (Lahdensivu et al., 2010) |
| Julkisivu klinkkeri (Lahdensivu et al., 2010) | 100 | |
| Julkisivu tiililaatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | |
| Julkisivu valkobetoni (Lahdensivu et al., 2010) | 100 | |
| Keskiarvo julkisivut | 70 | |

Taulukko 2.20: Aikakaudella 1976-2000 käytettyihin ratkaisuihin soveltuvat korjausmenetelmät (Varjonen et al., 2006). Lisätty elementtisaumat (Neuvonen et al., 2006; RT18-10922, 2008).

| | |
|--|----------------------|
| Yleisesti betonijulkisivuille | Maalausväli 15a |
| Korjausmenetelmä | Käyttöiän lisäys [a] |
| Paikkaus ja pinnoitustyyppiset keskiarvo | 24 |
| Paikkaus ja pinnoitustyyppiset ilman suojaavaa pinnoitusta | 25 |
| Vaurioituneen alueen verhoukorkorjaus | 40 |
| Vaurioituneen alueen purkaminen ja uusiminen | 100 |
| Elementtisaumojen uusinta (Neuvonen et al., 2006; RT18-10922, 2008) | 15 |

Ulkoseinärakenteen korjauskustannukset

Köliön tulosten mukaan Helsingissä vuonna 2010 arviolta 29% julkisivuista ei ole korjaustarvetta, 12 % on karkeapintaisia ja niissä ei ole suojausmahdollisuutta, 17% voidaan suojata pinnoitteella, 33% pystytään paikkaamaan ja pinnoittamaan, sekä 9% julkisivuista pitää tehdä peittävä korjaus. Mentalessä kohti 2050 vuotta, Köliön mukaan paikkauksen ja pinnoituksen osuus vähenee julkisivuissa ja peittävien korjausten osuus kasvaa. (Köliö, 2011) Tämä on looginen seuraus siitä, että paikkauksilla ja pinnoituksilla pidennetään käyttöiä, mutta ei saada rakenteita uusia vastaavaksi. Suojaava pinnoitus sen sijaan vakiintuu tasaiselle tasolle (Köliö, 2011).

Julkisivun materiaaalilla on merkittävä vaikutus siihen millaiset tekniset korjaustarpeet julkisivulla oli vuonna 2010. Köliön tulosten perusteella on vaikea arvioida kuinka tietyt korjaustarpeet suhteutuvat tiettyyn asuinkerrostalon rakentamisvuoteen. (Köliö, 2011) Loogisesti pystytään toteamaan, että mitä uudempi julkisivu on, sitä suurempi osuus niistä on ei korjaustarve-luokassa. Pinnoituksella suojaaminen ja paikkaukset, sekä pinnoitukset ovat vähän vanhemmissa korjaustarpeita. Vielä vanhemmissa asuinkerrostaloissa taas peittävä korjaus on tarpeen, koska niissä vauriot ovat ehtineet pidemmälle, mikäli huoltoja ei ole välissä tehty. Juuri nämä asuinkerrostaloissa suoritettut tapauskohtaiset huollot ovat merkittävä tekijä vanhempien asuinkerrostalojen teknisessä korjaustarpeessa. Niille tulisi antaa arvoa arvioitaessa kiinteistöä. Poikkeukselliset julkisivumateriaalit ovat pesubetoni ja tiilipintaiset, osittain klinkkeripintaiset, koska niihin ei pystytä soveltamaan suojaavaa pinnoitusta korjausmenetelmänä (Köliö, 2011). Tämä tarkoittaa, että ne rapistuvat kunnes niihin joudutaan suorittamaan suurempi peittävä korjaus, osittain tätä pystytään pitkittämään paikallisilla paikkaus-korjauksilla (Köliö, 2011).

Uotila arvioi ulkoseinien korjaukseen liittyviä kustannuksia toteutuneista korjauksista, joiden kustannukset korjattiin vuoden 2011 kustannusindeksiin. Useimmissa tapauksissa on vain yksi otos jonka perusteella kustannus määrittyy, elementtisaumojen uusimisessa ja laastipaikkauksessa on useampi kohde. Korjauskustannuksia on elementtisaumojen uusiminen 3-11, laastipaikkaus ja pinnoitus 20-60, julkisivujen perusteellinen kunnostus 100-150, levytys ja lisäeristys vanhan päälle 150-300, eristerappaus vanhan rakenteen päälle 120-200, levyverhous 120-170, kuorielementit ja -muuraus 200-400 €/asm². (Uotila, 2012)

50-luvun asuinkerrostaloon tehdyn julkisivukorjauksen hinnaksi tuli 97 €/netto – m² (Nieminen et al., 2013). Kyseessä oli 1.5 kiven paksuinen tiilijulkisivu, eli sen kustannukset vastaavat Uotilan (Uotila, 2012) arvioita. Nettonelöiden ja asuinneeliöiden laskentatavat eroavat, mutta eivät merkittävästi joten virhe ei ole suuri, kun vertaillaan näitä kahta lukua keskenään.

ARA:n tutkimuksessa ei eritellä julkisivuun kohdistuvia korjauksia tarkemmin. Julkisivun peruskorjauksen kustannukseksi on arvioitu 129 €/m². (Anttila et al., 2012)

Lämpörappaus on merkittävä kustannuslisä julkisivujen korjauksessa. 60- ja 70-luvun heikko energiatehokkuus voi tehdä lämpörappauksista aikakaudelle ominaisen korjauksen. VTT:n tutkimuksessa toisessa 70-luvun asuinkerrostalossa lämpörappauksen hinnaksi tuli 120 €/netto – m² ja yhteishinta julkisivukorjaukselle oli 329 €/netto – m² (Nieminen et al., 2013). Lämpörappauksen yhteydessä on kyse siis koko julkisivun täydestä uusimisesta, eli kallein vaihtoehto.

Lantto tutki diplomityössään tyypillisen 70-luvun asuinkerrostalon korjauskustannuksia. Ulkoseinän osalta pyrittiin nostamaan peruskorjauksen yhteydessä lämmöneristävyys Normi-2010 tasoiseksi ja Lantto laski eri menetelmien kustannushinnat. Vaihtoehtoja olivat kolmikerrorappaus villan päälle 111 €/asm², alkuperäisen kaltainen pesubetoni ulkopinnalle ja lämmöneristeeksi joko villa (144 €/asm²) tai polyuretaani (155 €/asm²). (Lantto, 2011)

Betonijulkisivujen korjausstrategian yhteydessä määritettiin Tampereen vuoden 2009 korjauskustannusten taso (Lahdensivu et al., 2010). Kustannukset voivat siis olla korkeampia pääkaupunkiseudulla. Suojaavan pinnoituksen kustannus on 40 €/m², paikkauksen ja pinnoituksen 100 €/m², eristerappauksen 195 €/m², levyverhouksen 195 €/m², kuorimuurauksen 280 €/m² ja korroosioaurioiden paikkauksen 55 €/m² (Lahdensivu et al., 2010; Köliö, 2011). Arviot olivat arvonnalisäverottomia.

Oleellista betonijulkisivujen korjausstrategian mallissa on se, että julkisivuihin ei oleteta tehtävän mitään korjauksia säännöllisin väliajoin (Köliö, 2011), kuten esimerkiksi Rakennustiedon ohjekortti suosittelee tehtäväksi (RT18-10922, 2008). Tietyn aikakauden ja tietyn julkisivumateriaalin käyttöä betonijulkisi-

vujen korjausstrategia ei ota huomioon (Lahdensivu et al., 2010).

60-luvun betonissa karbonatisoituminen on yhtä hidasta kuin 90-luvun betonissa, johtuen sen suuremmasta määrästä rakenteissa ja sen karkeudesta. Pintamateriaali vaikuttaa huomattavasti karbonatisoitumisen etenemiseen betonissa. (Lahdensivu et al., 2010) Köliön diplomityössä on arvioitu keskimäärin rakentamisvuosikymmenen perusteella karbonatisoitumissyvyys, 70-luvun asuinkerrostalon betonipinta on karbonatisoitunut 10mm keskimääriin vuoteen 1992 mennessä, 80-luvun asuinkerrostalon 2003 vuoteen mennessä, 60-luvun 1999 ja 90-luvun 2032 vuoteen mennessä (Köliö, 2011). Eli keskimäärin joudutaan nykyään tehtävissä julkisivukorjauksissa tekemään peittävä korjaus, käyttäen betonijulkisivujen korjaustategian (Lahdensivu et al., 2010) mukaista termiä, 1960-1990 vuonna rakennetuille asuinkerrostaloille. Ero tulee siinä, jos asuinkerrostaloon on tehty teknistä kuntoa ylläpitäviä huoltoja, 1960-luvun julkisivut ovat paremmassa kunnossa kuin 70- ja 80-lukujen julkisivut, koska niissä karbonatisoituminen etenee hitaammin, eli samalla huoltovälillä saavutetaan enemmän hyötyä.

Betonistrategian tutkimusten mukaan aikavälillä 1960-1975 on yleisimmissä pintamateriaaleissa karbonatisoituminen edennyt harjatussa ja maalatussa betonipinnassa syvemmälle kuin 16mm, muottipintaissa ja maalaamattomassa syvemmälle kuin 13mm ja pesubetonissa syvemmälle kuin 12mm (Lahdensivu et al., 2010). Alle 10mm syvyydessä voidaan vielä paikkakorjata (Köliö, 2011). Korroosio on mahdollista, kun karbonatisoitumissyvyys saavuttaa raudoitteen ja korjaustarve määrittyy karbonatisoituneessa betonissa olevan teräksen määrän kautta (Köliö, 2011). Raudoitteen syvyys betonissa taas riippuu julkisivurakenteesta, joka vaihtelee aikakausittain. Köliö käyttää diplomityössään paikkakorjauksen syvyytenä 10mm (Köliö, 2011), eli tämän syvemmässä karbonisoitumisessa täytyy soveltaa muita menetelmiä. 10mm:n valinta perustuu tutkimuksessa todettuun raudoituksen syvyyden yleisyyteen, 90%:ssa julkisivuista oli raudoite syvemmällä kuin 10mm (Köliö, 2011). 1960-1975 kauden yleisimmät pintamateriaalit ovat jo karbonisoituneet yli tämän rajan (Köliö, 2011). 1975-2000 aikakaudella valkobetoni ja klinkkeripintaisten julkisivut ovat vasta alle 5mm karbonisoitumissyvyydessä (Lahdensivu et al., 2010), eli niitä voidaan korjata paikkaamalla. Yleisissä julkisivun materiaaleissa raja menee siten, että ennen 1996 rakennetuissa asuinkerrostaloissa ei voi paikata enää harjattua ja maalattua betonipintaa. Muottipintainen ja maalaamaton betonipinta on paikkakorjattavissa jos se on rakennettu 1989 jälkeen. Pesubetonin paikkauskorjauksen soveltuvuus on vuodesta 1984 eteenpäin. (Lahdensivu et al., 2010)

Paikkausraja tarkoittaa aikaa, jonka jälkeen huoltamatonta julkisivua ei voi enää paikkakorjata. Tätä aikaa voidaan käyttää eräänlaisena käyttöikärajoitteena, johon täytyy kiinnittää huomiota. Lahdensivun et al. tutkimuksen (Lahdensivu et

al., 2010, s. 29) julkisivujen karbonatisoitumisen kuvaajasta saadut luvut ovat seuraavat. Pesubetonin paikkausraja on 26 vuotta. Muottipintainen ja maalaamaton, sekä maalattu julkisivupinta ovat lähellä toisiaan, niille paikkausraja on keskimäärin 21 vuotta. Harjattu ja maalattu betonipinnan paikkausraja on 14 vuotta. Harjatun ja maalaamaton kestää huomattavasti pitempään ja sen paikkausraja on 29 vuotta. Paikkausrajat on esitetty aikakausien tiivistävissä taulukoissa 2.17 ja 2.19, huomioitavina seikkoina materiaalien kohdalla.

Korjausvelkamallin selventämiseksi jaotellaan korjausmenetelmät kolmeen eri luokkaan. Paikkaus ja pinnoitustyyppiset korjaukset, vaurioituneen alueen verhoukset lisäeristyksen kanssa ja vaurioituneen alueen purkaminen ja uusiminen. Viimeiseen luokkaan otetaan mukaan julkisivusaneerauksen kustannusarviot. Näihin luokkiin tehdään poikkeus tietyille korjauskustannuksille, joista löydettiin tietoa joka voidaan kohdistaa tiettyyn aikakauteen. 50-luvun tiilijulkisivukorjaukselle käytetään suoraa arviota paikkauksessa. 70-luvun julkisivusaneeraukselle ja verhoukset korjauksille löydetty arvot hyödynnetään ja painotetaan niillä yleistä keskiarvoa vuosien 1960–1975 asuinkerrostaloissa. Elementtisaumojen uusinta on uusimman aikakauden tyyppillinen korjaus.

Taulukossa 2.21 on useammasta lähteestä löydettyjen vastaavien menetelmien kustannuksien keskiarvo. Kustannusarvioiden yhteydessä on esitetty niiden lähde. Taulukossa 2.21 on eriteltynä luokittain korjausmenetelmät ja jokaisen luokan lopussa on keskiarvo luokan kustannusten keskiarvosta, jonka jälkeen on mahdollisia tarkentavia keskiarvoja. Tarkentavat keskiarvot ja niiden erittely on esitettyinä taulukon 2.21 kolmessa viimeisessä lokerossa.

2.2.6 Yläpohja ja välipohja

Yläpohjassa ja välipohjassa käytetään samaa perusrakennetta joka vaihtelee aikakausittain. Erona on yläpohjassa kiinni olevat vesikattorakenteet ja mahdolliset lisäeristykset, joita ei tarvita välipohjassa. Välipohjassa voi olla käyttökävyyden kannalta lisätyjä rakenteita, kuten askeläänieristystä, jota ei tarvita yläpohjassa.

1950-luvulla valmistuneet asuinkerrostalot

Yleisin yläpohja- ja välipohjarakenne 50-luvulla oli massiivinen teräsbetoni-laatta. Sen rakenteeseen kuului betonin päälle asetettu lämmöneriste, valueriste ja palopermanto. Jos ullakkoa ei käytetty, palopermannon tilalla oli usein pelkkä slammaus, eli ohut laastikerros. Yläpohjassa ei ollut tarvetta äänieristykselle, jolloin massiivibetonilaatoissa ei ollut välipohjille tyyppillistä teräsbetoni-laattaa eristeen päällä auttamassa askelääneneristystä. Tätä lisärakennetta kutsutaan

Taulukko 2.21: Asuinkerrostalojen ulkokuoriratkaisujen korjaus- ja uusintaratkaisujen kustannukset

| Menetelmä | Kustannus [€/asm ²] |
|--|---------------------------------|
| Paikkaus ja pinnoitustyyppiset | |
| Paikkaus ja pinnoitus (Lahdensivu et al., 2010) | 100 |
| Laastipaikkaus ja pinnoitus (Uotila, 2012) | 20-60 |
| Korroosiovauriopaikkaus (Lahdensivu et al., 2010) | 55 |
| Suojaava pinnoitus (Lahdensivu et al., 2010) | 40 |
| Keskiarvo luokan vaihtoehtoista | 55 |
| 50-luvun tiilimuurin keskiarvo | 76 |
| Keskiarvo ilman suojaavaa pinnoitusta | 59 |
| Vaurioituneen alueen verhoukorkorjaukset | |
| Levytys ja lisäeristys vanhan päälle (Uotila, 2012) | 150-300 |
| Eristerappaus vanhan rakenteen päälle (Uotila, 2012) | 120-200 |
| Levyverhous (Uotila, 2012) | 120-170 |
| Eristerappaus (Lahdensivu et al., 2010) | 195 |
| Levyverhous (Lahdensivu et al., 2010) | 195 |
| Keskiarvo luokan vaihtoehtoista | 181 |
| 1960-1975 keskiarvo | 154 |
| Vaurioituneen alueen purkaminen ja uusiminen | |
| Kuorielementit ja -muuraus (Uotila, 2012) | 200-400 |
| Kuorimuuraus (Lahdensivu et al., 2010) | 280 |
| Julkisivujen perusteellinen kunnostus (Uotila, 2012) | 100-150 |
| Julkisivujen peruskorjaus (Anttila et al., 2012) | 129 |
| Keskiarvo luokan vaihtoehtoista | 210 |
| 1960-1975 keskiarvo | 270 |
| 1960-1975 Vaurioituneen alueen verhoukorkorjaukset | |
| Lämpörappaus (Nieminen et al., 2013) | 120 |
| Kolmikerrosrappaus villan päälle (Lantto, 2011) | 111 |
| Lämmöneriste + pesubetoni (Lantto, 2011) | 150 |
| Keskiarvo luokan vaihtoehtoista | 127 |
| 1960-1975 Purkaminen ja uusiminen | |
| Julkisivukorjaus (Nieminen et al., 2013) | 329 |
| Muita korjauksia | |
| Elementtisaumojen uusiminen (Uotila, 2012) | 7 |
| 50-luku tiilijulkisivukorjaus | 97 (Nieminen et al., 2013) |

uivaksi laataksi ja se saattoi aiheuttaa kuivuessaan käyristystä laatan reunoilta. (Neuvonen et al., 2006, s. 92-95) Tätä ongelmaa ei yläpohjassa ole.

Yläpohjan päällä oli 50-luvulla kylmiä irtaimistoullakoita (Palonen, 2011). Rakennustiedon ohjekortti arvioi välipohja- ja yläpohjaratkaisuille rakennuksen iän kestävää käyttöikää (RT18-10922, 2008), kunhan niihin ei tapahdu kosteus tai muita vaurioita. Massiivibetonilaatan osalta Neuvonen et. al. ei mainitse muita ongelmia kuin käyristyminen välipohjissa (Neuvonen et al., 2006, s. 94). Käyristyminen on lähinnä kosmeettinen ja käytännön elämää hankaloittava tekijä, mutta ei vaadi korjaamista.

Mahdollisia syitä korjauttaa välipohjia tai yläpohjia on erilaiset vauriot. Kosteusvauriota voi tapahtua vesieristeiden kuluessa. Muuten käyttöiän perusteella välipohjia ja yläpohjia tarvitsee korjata vain jos tilan tai rakennuksen käyttötarkoitus muuttuu.

Taulukossa 2.22 on tiivistettynä käytetyt yläpohja- ja välipohjarakenteet, niiden käyttöiät ja havaitut ongelmakohdat kirjallisuudesta. Käyttöikäarvioiden edellä on niiden lähteet ja huomioitavien seikkojen rinnalla tai alla on esitettyä niiden lähteet.

Taulukko 2.22: Aikakaudella 1950-1959 käytetyt yläpohja- ja välipohjaratkaisut.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|--|------------------------------|--|
| Välipohja massiivinen teräsbetonilaatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Uiva laatta mahdollisesti käyristynyt (Neuvonen et al., 2006) |
| Yläpohja massiivinen teräsbetonilaatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Kylmä irtaimistoullakko, huono lämmöneristys (Neuvonen et al., 2006) |

Vuosina 1960-1975 valmistuneet asuinkerrostalot

70-luvun alkupuolelle asti yleisin välipohjaratkaisu oli paikalle valettu massiivinen teräsbetonilaatta. 60- ja 70-luvuilla, enemmän 70-luvulla, oli joissain koh-teissa ylä- ja välipohjissa massiivisia teräsbetonielementtejä. (Neuvonen et al., 2006, s. 153)

BES-järjestelmän mukaisissa täyslemenettitaloissa käytettiin välipohjina esijän-nitettyjä ontelo- ja U-laattoja, joiden jänneväli on yli 10 metriä. Tämä syrjäytti massiiviset välipohjaelementit 1970-luvun puolivälissä. U-laatta on toiselta ni-meltää kotelolaatta. U-laatalla voidaan saavuttaa pitkät jänneväli. Sillä on kevyt rakenne ja sen pinta tarvitsee vähän tasoitusta. U-laatassa alalaatta on reuna-palkeilla, jonka päälle asennetaan kansilaatta ja niiden välissä on mineraalivillaa hieman nostettuna. Työmaalla laatan sisään pääsevä kosteus aiheuttaa ongel-

mia. Lisäksi U-laatta vaatii varovaista käsittelyä ja sen kansilaatan lämpölaajenemisliike on ongelmallista yläpohjissa. Kosteuden poistumista yritettiin auttaa mineraalivillan nostamisella irti alalaatasta, sekä muutamalla tehtaalla poratulla reiällä alalaatassa. BES-rakentamisessa käytetty ontelolaatta oli suositumpi kuin U-laatta. Ontelolaatta on betoninen laatta, jonka sisälle on tehty putkimaisia onteloita keventämään sen rakennetta. Ontelolaatan asennuksessa oli oleellista tiivistää saumakohdat betonilla. Tässä työvaiheessa on mahdollisesti jäänyt pieniä rakoja, jotka tulee myöhemmin tiivistää. (Neuvonen et al., 2006, s. 153-157)

70-luvulla poistuivat kylmät ullakkotilat lopullisesti, lakimuunnoksen salliessa väestönsuojien käytön irtaimistovarastoina (Palonen, 2011). Tämän jälkeen yläpohjan ja vesikaton välinen osa on voitu eristää.

Taulukossa 2.23 on tiivistettynä käytetyt yläpohja- ja välipohjarakenteet, niiden käyttöiät ja havaitut ongelmakohdat kirjallisuudesta. Käyttöikäarvioiden edellä on niiden lähteet ja huomioitavien seikkojen rinnalla tai alla on esitettyä niiden lähteet.

Vuosina 1976-2000 valmistuneet asuinkerrostalot

BES-järjestelmän mukaisen ontelolaatan käyttö jatkui ja se koki pienen uudistuksen 1990-luvulla. Sen paksuudeksi yleistyi 320mm. Paksuudella saavutettiin muun muassa parempi ääneneristävyys. Ontelolaatan käyttöä lisäsi U-laattojen valmistuksen päättyminen vuonna 1983. Vuodesta 1979 eteenpäin on ollut käytössä harvakseltaan yhdistelmä-välipohja, jossa elementti-kuorilaatan päälle vetaaan betonikerros. (Neuvonen et al., 2006, s. 218-219)

Taulukossa 2.24 on tiivistettynä käytetyt yläpohja- ja välipohjarakenteet, niiden käyttöiät ja havaitut ongelmakohdat kirjallisuudesta. Käyttöikäarvioiden edellä on niiden lähteet ja huomioitavien seikkojen rinnalla tai alla on esitettyä niiden lähteet.

Ylä- ja alapohjan korjauskustannukset

Lanton diplomityön 70-luvun tyyppitalon yläpohjasta uusittiin vesikate, räystäsrakenteet ja lisättiin lämmöneristystä. Korjaukset maksoivat 36 €/asm^2 . (Lantto, 2011) Välipohjiin saatetaan tehdä pieniä korjauksia esimerkiksi putkisaneerausten yhteydessä, mutta tällöin niihin kohdistuvat kustannukset on laskettuna putkisaneerauksen hintaan. Samoin yläpohjan korjauksia tehdään yleensä julkisivusaneerausten yhteydessä ja tällöin kustannukset laskevat suhteellisesti. Kustannukset sisällytetään julkisivusaneerauksen kustannukseen.

Arviointimallia varten käytetään täydelle yläpohjasaneeraukselle kustannusar-

Taulukko 2.23: Aikakaudella 1960-1975 käytetyt yläpohja- ja välipohjaratkaisut.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|------------------------------|---|
| Välipohja massiivinen teräsbetoni-laatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Uiva laatta voi käyristyä, <1970 (Neuvonen et al., 2006) |
| Yläpohja massiivinen teräsbetoni-laatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Kylmä irtaimistoullakko, huono lämmöneristys, <1970 (Neuvonen et al., 2006) |
| Välipohja U-laatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Kerroksinen rakenne (Neuvonen et al., 2006) |
| Välipohja ontelolaatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Kiinteä rakenne, ontelot voi olla käytössä, heikko ääneneristys (Neuvonen et al., 2006) |
| Yläpohja ontelolaatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Tarkistusväli 2a (RT18-10922, 2008) |
| Yläpohja U-laatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Lämpölaajeneminen (Neuvonen et al., 2006) Tarkistusväli 2a (RT18-10922, 2008) |

Taulukko 2.24: Aikakaudella 1976-2000 käytetyt yläpohja- ja välipohjaratkaisut.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|------------------------------|---|
| Välipohja ontelolaatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Kiinteä rakenne, ontelot voi olla käytössä, heikko ääneneristys <1990 (Neuvonen et al., 2006) |
| Välipohja ontelolaatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennusten elinkaari | Kiinteä rakenne, ontelot voi olla käytössä >1990 (Neuvonen et al., 2006) |
| Yläpohja ontelolaatta (RT18-10922, 2008) | 100 Rakennuksen elinkaari | Tarkistusväli 2a (RT18-10922, 2008) |

vioksi Lanton diplomityön arviota 36 €/asm^2 , mutta käytetään yleisenä kustannusarvion 0 euroa, kun mallin käyttäjä ei tiedä tarkalleen mitä ollaan tekemässä. Tällöin yläpohjaan ja välipohjaan kohdistuvat kustannukset tulevat huomioon putkisaneerauksen ja julkisivusaneerauksen yhteydessä.

2.2.7 Vesikatto

Vesikatolla käsitetään yläpohjan yläpuolinen rakenne ja vesikate. Vesikaton tarkoituksena on suojata sen alapuolista rakennetta sateelta ja muulta kosteudelta. Asuinkerrostalojen kattorakenteet voidaan jakaa tuulettumattomiin ja tuuletettuihin (Nieminen, 2010). Tuulettumattomia ovat tasakattoiset vesikatot, joissa vesikate on suoraan kantavan lämmöneristeen päällä (Nieminen, 2010). Tasakattoiset joissa lämmöneristeenä on esim kevytsora, saattoivat olla tuuletettuja kattoja (Neuvonen et al., 2006, s. 224). Muita tuulettuvia kattotyyppejä ovat harja-, auma- ja pulpettikatot joissa vesikaton kantava rakenne irrottaa sen yläpohjasta ja sen eristeistä (Nieminen, 2010). Oleellinen ero on se, että tuulettumattomissa lämmöneriste on kuormaa kestävä ja tuulettumattomissa yleensä kevyempi ei kuormitusta kestävä (Nieminen, 2010).

1950-luvulla valmistuneet asuinkerrostalot

Yleisimmät vesikaton mallit olivat harja- ja aumakatot. Harjakattoihin tuli 50-luvulla erilaisia muunnelmia kattokulmien muutoksilla, taitteilla ja pulpettiosilla. Yleisin vesikatteen materiaali 50-luvun alkupuoliskolla savikattotiili ja betonikattotiili. Pelti palasi rajoitetun saatavuuden jälkeen yleisimmäksi materiaaliksi 50-luvun loppupuoliskolla. Yleisin pelti oli galvanoitu levypelti ja rullapeltiä käytettiin hieman vuosikymmenen lopulla. (Neuvonen et al., 2006, s. 107)

Molemmat tiilikatto-tyypit vaativat säännöllistä puhdistusta. Pakkausrapautuneita tiiliä tulee vaihtaa tarpeen mukaan. Neuvosen et al. mukaan betonitiilet hajoavat helpommin kuin savitiilet, esimerkiksi lumien poistamisen yhteydessä. (Neuvonen et al., 2006, s. 104-105) Näin ollen savitiilikaton voidaan katsoa olevan arvokkaampi kuin betonitiilikatto. Rakennustiedon ohjekortti arvioi betonitiilille käyttöiäksi noin 45 vuotta (RT18-10922, 2008).

Peltikatto vaati paljon pieniä huoltotoimenpiteitä, jotta vältetään suuremmilta vesivahingoilta ja saadaan pidennettyä sen käyttöikää. Peltikatot paikkakorjataan mahdollisuuksien mukaan, mutta katteen lisäksi sen alla oleva kattotuoli ja aluslaudoitus voi olla huonossa kunnossa. Peltikaton korjauksen kustannukset voivat nousta oletettua suuremmiksi kuntoselvitystä tehdessä. Suurempi vahinko voi käydä jos korjataan pelkkä peltikate lahoavien aluslaudojen päälle. (Neuvonen et al., 2006, s. 106) Rakennustieto arvioi profiilipellin käyttöiäksi 40 vuotta,

mutta sinkityn ja maalatun rivipeltikatteen 60 vuotta (RT18-10922, 2008). Oletetaan 50-luvun sinkityn peltikatteen muistuttavan Rakennustiedon mainitsemaa sinkittyä peltikatetta.

Taulukossa 2.25 on tiivistettynä kirjallisuudesta löydetyt aikakaudelle tyypilliset vesikattorakenteet, niiden käyttöiät ja löydetyt huomiokohteet. Käyttöikäarvioiden edellä on niiden lähteet ja huomioitavien seikkojen rinnalla tai alla on esitettyä niiden lähteet.

Taulukko 2.25: Aikakaudella 1950-1959 käytetyt kattotyypit ja katemateriaalit.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|--|------------------|--|
| Harjakatto Aumakatto | | |
| Katemateriaali betonikattotiili (RT18-10922, 2008) | 45 45 | Murtuu herkästi (Neuvonen et al., 2006) |
| Katemateriaali savikattotiili Katemateriaali galvanoitu pelti (RT18-10922, 2008) | 60 60 | Pieniä korjauksia, aluslautojen kunto, Huoltomaalaus 15a (Neuvonen et al., 2006) |
| Keskiarvo katemateriaali | 53 | |

Vuosina 1960-1975 valmistuneet asuinkerrostalot

60-luvulla peltikaton materiaalina käytettiin konesaumattua peltiä (Neuvonen et al., 2006). Rakennustiedon ohjekortti arvioi sinkitylle ja maalatulle rivipeltikatteelle käyttöiäksi keskiraskaassa käytössä 60 vuotta, jossa tehdään 10-15 vuoden välein huoltomaalaus. Ohjekortti mainitsee toisena kattopeltinä profilipeltin, jonka käyttöikä on vastaavassa käytössä 40 vuotta samalla huoltotoimenpiteellä. (RT18-10922, 2008)

60-luvun lopulla tasakatto alkoi olla yleisin ratkaisu. Tasakatossa yläpohjan lämmöneristeen varassa on huopakate, joka suojattiin esimerkiksi singelillä. (Neuvonen et al., 2006, s. 176) Singeli on karkeaa kiviseosta. Huopakate on siis tehty kumibitumikermeistä, joiden käyttöikä ennen 1980-lukua rakennetuissa vesikatteissa on saavutettu (RT18-10922, 2008). Vanhan huopakatteen käyttöiäksi voidaan arvioida 28 vuotta, eli vuoden 1980 ja Rakennustiedon ohjekortin teko vuoden 2008 erotus. Eli todennäköisesti kaikkiin 1960-1975 aikakauden asuinkerrostaloihin on jo tehty yksi vesikate-saneeraus. Jos vanha kate on vielä käytössä, ainoa vaihtoehto on tehdä laajempi uusinta huopakatteeseen, eikä käyttöikää pidentäviä paikkauksia voi enää pitää vaihtoehtona.

Vanhemman asuinkerrostalokannan vesikatteet on jo kertaalleen uusittu 1980- ja 1990-luvulla, jolloin painotuksena oli kosteustekniset parannukset, ei energiataloudellisuus. Korjaustarpeen yleisin syy oli vedeneristeen, eli katteen elinkaaren loppuminen. VTT:n arvion mukaan 70-luvun vesikatoista on noin 30% kärsinyt vesivahinkoa jossain vaiheessa elinkaartaan. (Nieminen, 2010)

Huopakatteen korjauksissa ollaan vesikate uusittu modernilla huopakatteella, josta on lisää tietoa seuraavan aikakauden kohdalla. Tasakattoisessa ratkaisussa vesi johdettiin pois katolta talon sisällä kulkevan viemärin kautta, eli tasakatolla oli lievä kallistus kohti sadevesikaivoa ja räystäitä ei ollut ollenkaan (Nieminen et al., 2013).

Taulukossa 2.26 on tiivistettynä kirjallisuudesta löydetty aikakaudelle tyypilliset vesikattorakenteet, niiden käyttöiät ja löydetty huomiokohteet. Käyttöikäarvioiden edellä on niiden lähteet ja huomioitavien seikkojen rinnalla tai alla on esitettyä niiden lähteet.

Taulukko 2.26: Aikakaudella 1960-1975 käytetyt kattotyypit ja katemateriaalit.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|----------------------|--|
| Tasakatto | | |
| Katemateriaali konesaumattu pelti (RT18-10922, 2008) | 60 60 | Huoltomaalaus 13a 10-15 |
| Katemateriaali kumibitumikermikate (RT18-10922, 2008) | 28 28 | Tukkeumat katolla (Neuvonen et al., 2006) |
| Katemateriaali huopakate (moderni) (RT18-10922, 2008) (Neuvonen et al., 2006) | 29 25-35 15-40 | Singelin tukkeumat, veden jäätymiset, vesivahingot (Neuvonen et al., 2006) |
| Keskiarvo katemateriaali | 39 | |

Vuosina 1976-2000 valmistuneet asuinkerrostalot

70-luvun jälkipuoliskolla tasakatto oli edelleen yleisin kattoratkaisu. Pulpetti- ja harjakatot nousivat suosiossa ja 90-luvulla ne olivat yleisempiä kuin tasakatot. Yleisin materiaali oli pelti, mutta mainitettavissa määrin käytettiin kattotiiltä. (Neuvonen et al., 2006, s. 224)

Modernin huopakatteen käyttöiäksi arvioidaan nykyisillä menetelmillä 15-40 vuotta. Ongelmakohtia tasakatoissa ovat kattokaivojen tukkeutumisen tai allastuminen, jolloin ne aiheuttavat kosteusrasitetta ja mahdollisesti jäätyvät katolle. Huopakatteessa itsessään voi olla huonot saumakohdat tai läpiviennit joiden kautta

Taulukko 2.27: Aikakaudella 1976-2000 käytetyt kattotyypit ja katemateriaalit.

| Osa | Käyttöikä [a] | Huomiokohteet |
|---|----------------------|--|
| Tasakatto Pulpettikatto Harjakatto Katemateriaali huopakate (moderni) (RT18-10922, 2008) (Neuvonen et al., 2006) | 29 25-35 15-40 | Singelin tukkeumat, veden jäätymiset, vesivahingot (Neuvonen et al., 2006) |
| Keskiarvo katemateriaali | 29 | |

kosteus ja vesi pääsee huovan alla oleviin rakenteisiin. Suojakiveys, eli singeli, huopakatteen päällä saattaa tukkeutua, jolloin veden kulku kallistuksen mukaisesti kohti syöksytorvia häiriintyy. (Neuvonen et al., 2006, s. 224-225)

Singeliä tarvittiin toimimaan painona katteen päällä, jotta huovan pistemäinen kiinnitys bitumilla pysyi kasassa. Nykyään kumibitumihuovat vahvistetaan lasikuitukankaalla ja polyesterihuovalla. Huopa liimataan kauttaaltaan, jolloin singelin painoa ei enää tarvita, mutta kate kestää silti säärasituksia. (Neuvonen et al., 2006, s. 224-225) Rakennustiedon ohjekortti arvioi modernin huopakatteen käyttöikäksi 25-35 vuotta riippuen kattotyypistä ja katteen kerrosmäärästä (RT18-10922, 2008). Keskimääräinen käyttöikä on siis molemmista lähteistä laskettuna 29 vuotta.

Taulukossa 2.27 on tiivistettynä kirjallisuudesta löydetty aikakaudelle tyypilliset vesikattorakenteet, niiden käyttöiät ja löydetty huomiokohteet. Käyttöikäarvioiden edellä on niiden lähteet ja huomioitavien seikkojen rinnalla tai alla on esitetty niiden lähteet.

Vesikaton korjauskustannukset

Katon tekninen kunto määrittää suoraan minkälainen korjaus sille voidaan tehdä (Nieminen, 2010). Yläpohjan lämmöneristeen lisääminen tai parantaminen on tärkeä energiatehokkuutta parantava korjaustoimenpide, joka joudutaan todennäköisesti tekemään suuremman asuinkerrostalon saneerauksen yhteydessä, koska se on taloudellisesti pieni lisä. Teknisesti ehjän katteen päälle voidaan lisätä eristekerros ja rakentaa sen päälle uusi vesikate (Nieminen, 2010). Kattomuotoa on mahdollista muuttaa kokonaan rakentamalla esimerkiksi harjakaton tukirakenteet tasakaton päälle (Nieminen, 2010).

Uotilan mukaan vesikaton korjaus maksaa 4-20. Kermin, eli vesieristeen, lisäys

maksaa 10-20. Vanhan huopakatteen purku ja uuden asennus maksaa 10-60. Vesikaton uusiminen ja lisäeristäminen maksaa 50-100 €/asm². (Uotila, 2012) VTT:n tietopaketissa (Nieminen, 2010) arvioitiin vesikattoon tehtävän energiatehokkuutta lisäävän uusinnan hinnaksi 50-100 €/asm², joka vastaa Uotilan diplomaatyössä (Uotila, 2012) olevaa arviota. ARA:n selvityksessä käytettiin kustannusarviona vesikattosaneeraukselle 37€/m² (Anttila et al., 2012). Muiden lähteiden perusteella tämä kustannus voisi liittyä huopakatteen uusintaan tai vesikaton korjaukseen. Lasketaan se alla olevassa taulukossa mukaan huopakatteen uusintaan. Kustannukset vaihtelevat siis suuresti korjaustarpeen mukaan. Vanhan huopakaton purkaminen tulee kyseeseen vain jos kiinteistössä on käytössä vanhan mallinen huopakate, mutta oletetaan sen maksavan saman verran kuin uuden huopakatteen purkaminen ja uusiminen.

Taulukossa 2.28 on esitettynä eri lähteiden kustannusarvioiden keskiarvot. Kustannusarvioiden edellä on esitetty niiden lähteet.

Taulukko 2.28: Vesikattoihin kohdistuvien korjaus- ja uusintamenetelmien kustannukset.

| Osa | Menetelmä | Kustannus [€/asm ²] |
|-----------|---|---------------------------------|
| Vesikatto | Korjaus (Uotila, 2012) | 12 4-20 |
| | Vesieristeen lisäys (Uotila, 2012) | 15 10-20 |
| | Uusinta energiatehokkaammaksi (Uotila, 2012) | 75 50-100 |
| Huopakate | Uusinta (Uotila, 2012) | 36 10-60 |
| | (Anttila et al., 2012) | 37 |

2.2.8 Energiatehokkuus

Energiatehokkuutta parantavia investointeja korjausrakentamisen yhteydessä on ilmanvaihdon parantaminen, lämpöpumput, lämpökaivot, aurinkolämmön hyödyntäminen ja erilaiset rakennuksen energiavuotoja vähentävät korjaukset.

Energiatehokkuus on nykyään suosittu keino mainostaa taloyhtiölle korjauskokonaisuutta. YIT:llä on Energianero niminen palvelu, jossa YIT ottaa sopimuksen mukaan hoidettavakseen taloyhtiön linjasaneerauksen. Sen yhteydessä asennetaan uusinta tekniikkaa putkisaneerauksen yhteydessä, kuten huoneistokohtaiset vesimittarit ja vettä säästävät vesikalusteet. (Inkilä ja Eerola, 2010)

Energiatohokkuusluku asuinkerrostaloille lasketaan käytetyn lämmitys-, sähkö- ja jäähdytysenergian mukaan suhteutettuna kiinteistön bruttopinta-alalle. Tällä tavalla laskettua Bostromin tietokannan asuinkerrostalojen keskimääräinen energiatohokkuusluku jokaisena aikakautena on luokkaa $160 \text{ kWh}/\text{brm}^2/\text{vuosi}$, eli energialuokka D. Hajonnassa oli niin vähäistä vaihtelua eri vuosikymmenien välillä, että voidaan yleistää asuinkerrostalojen energiatohokkuusluokan vaihdelleen E:stä C:n. (Boström et al., 2012)

Tähän keskiarvoon voidaan suhtautua varauksella. Samassa tutkimuksessa laskettiin energiatohokkuusluokka uudestaan kuudelle asuinkerrostalolle käyttäen energiamääräyksiä eri aikakausilta. Lopputuloksena vuosien 1965, 1974 ja 1978 asuinkerrostalojen energiatohokkuusluokka laski D:stä E:n. 1981 vuoden asuinkerrostalon luokitus C:stä D:n. Vuoden 1989 asuinkerrostalo pysyi poikkeuksellisesti samassa energiatohokkuusluokassa ja 1992 vuoden asuinkerrostalon luokitus parani D:stä C:n. (Boström et al., 2012) Vanhemmat asuinkerrostalot eivät siis ole yhtä energiatohokkaita kuin modernimmat asuinkerrostalot.

VTT:n energiasäästötutkimuksissa laskettiin alkuperäinen lämmönkulutus vuodessa, ennen energiakorjausta, 50-, 60- ja 70-luvun kohteille. 50-luvun asuinkerrostalolla oli pienimmät vuosikustannukset lämpöenergiasta 20552 €/vuosi, kun taas 60- ja 70-luvun kustannukset olivat samaa luokkaa 36011 €/vuosi ja 36262 €/vuosi. Tämä näyttää enimmäkseen johtuneen ulkokuoren johtumishäviöistä, joissa ero oli 10000€ luokkaa 50- ja 60-/70-luvun välillä. (Holopainen et al., 2007)

Viroon sijoittuva tutkimus toteaa, että ongelmana ei ole vanhojen asuinkerrostalojen energiatohokkuuden kasvattaminen, vaan riittävän kustannustehokkaan keinon löytäminen, jonka omistajat suostuvat maksamaan (Kuusk et al., 2014). Suomessa ARA pyrkii tukemaan asuinkerrostalojen kunnostuksia joissa parannetaan energiatohokkuutta (Anttila et al., 2012).

1950-luvulla valmistuneet asuinkerrostalot

Asuinkerrostalon rakenteen tiiveydellä on merkittävä vaikutus sen energiatohokkuuteen ja 50-luvun ulkokuorien ongelmana on tästä näkökulmasta heikko tiiveys ja lämmöneristävyys (Säteri et al., 1999). Osittain tämä voi johtua siitä, että vuosina 1950-1975 oli nykyistä tasoa alhaisemmat vaatimukset rakennusten lämmöneristyksen suhteen (Neuvonen, 2009). Tämän aikakauden asuinkerrostalot ovat energiatohottomampia kuin sitä vanhemmat tai uudemmat.

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa energiatohokkuus jää heikoksi, koska asunnoista poistuvaa lämpöä ei voida mitenkään hyödyntää. Sen sijaan koneellisessa poistossa voidaan asentaa talteenottojärjestelmiä poistopuhaltimet yhteyteen, jotka välittävät lämpöenergiaa poistoilmasta esimerkiksi lämpimän käyttöveden

lämmittämiseen (Säteri et al., 1999). Lämpöenergiaa hyödyntävät ratkaisut vaativat lisäinvestointeja, mutta eivät välttämättä muutoksia itse ilmanvaihtojärjestelmään.

VTT on tutkinut kuinka eri energiakorjausmenetelmät vaikuttavat käytännössä asuinkerrostalon energiankulutukseen, yksi kohteista oli 1950-luvulla rakennettu asuinkerrostalo Jyväskylässä. 1950-luvun asuinkerrostalon kokonaislämpöenergian kulutus vuodessa oli lähtötilanteessa 411030 kWh/a , joka on normalisoituna asuinneliöitä kohden $255 \text{ kWh/asm}^2/\text{a}$. Asuinkerrostalon vaipan johtumishäviöt on 55% kokonaiskulutuksesta, joka johtuu lähinnä toimivasta painovoimaisesta ilmanvaihdosta. Asuinkerrostaloihin tehtiin energiakorjaustoimenpiteinä ulkoseinien lisälämmöneristys, ikkunoiden, parvekkeiden ja ulko-ovien uusinta, lämmöntuottolaitoksen uusinta ja järjestelmän perussäätö, sekä asunokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmön talteenotolla. Korjausten jälkeen kokonaislämpöenergian kulutus oli $138 \text{ kWh/asm}^2/\text{a}$. (Holopainen et al., 2007) Eli energiatehokkuusluokitus nousi F-luokasta C-luokkaan.

Energiakorjausten yhteishinnaksi tutkimus laski 242 €/asm^2 , joka olisi pääkaupunkiseudulla noin 10%:n korotuksella 266 €/asm^2 (Holopainen et al., 2007).

VTT:n tutkimus (Nieminen et al., 2013) vertaili elinkaarikustannuksia eristeen lisäämisen ja pelkän julkisivun korjaamisen välillä. Yksi kohteista oli 1952 vuoden asuinkerrostalo 1.5 tiilikiven ulkoseinärakenteella. Energiatehokkuuden parantamisella saavutettiin 11% pienemmän elinkaarikustannukset kuin julkisivun korjaamisella. Energiatehokkuuden parantamisen hinta oli $52 \text{ €/netto} - \text{m}^2$. Koska energiatehokkuus tehdään julkisivun korjaamisen lisänä, sen hinta lisätään julkisivun korjauksen kustannuksiin eli yhteensä $149 \text{ €/netto} - \text{m}^2$. (Nieminen et al., 2013)

Vuosina 1960-1975 valmistuneet asuinkerrostalot

Samojen energiakorjaustoimenpiteiden jälkeen, jotka mainittiin 1950-luvun osalta, VTT:n laskujen mukaan 1960-luvun asuinkerrostalon energiankulutus putosi $213 \text{ kWh/asm}^2/\text{a}$:sta $116 \text{ kWh/asm}^2/\text{a}$:aan. 1970-luvun asuinkerrostalon energiankulutus putosi $188 \text{ kWh/asm}^2/\text{a}$:sta $82 \text{ kWh/asm}^2/\text{a}$:aan. Kustannukset olivat 60-luvun asuinkerrostalolle 275 €/asm^2 ja 70-luvun asuinkerrostalolle 242 €/asm^2 . (Holopainen et al., 2007) 60-luvun asuinkerrostalo kohosi siis E-energialuokasta luokkaan B ja 70-luvun asuinkerrostalo luokasta E luokkaan A. Tehdyt korjaukset olivat mittavia ja niillä nähtiin, että 1960-1975 aikakauden asuinkerrostalojen energiatehokkuuteen on mahdollista tehdä merkittävä parannus.

VTT:n tutkimuksen mukaan 70-luvun asuinkerrostalon energiatehokkuus para-

ni huomattavasti enemmän, kun tehtiin julkisivun lisäksi yläpohjaan energia-
korjauksia. Lisälämmöneristetyssä betonisandwichissä parannus oli 6% ja julki-
sivun uusimisessa 5%. VTT:n tutkimuksen esimerkkikohteessa asuinkerrostalon
energiatehokkuutta haluttiin parantaa lisäämällä lämmöneristettä ulkoseinään
ja yläpohjaan, saneerauksen kustannukset olivat $87 \text{ €/netto} - m^2$. (Nieminen
et al., 2013)

VTT on tehnyt tutkimuksen, jossa se tutki laskennallisesti 1970-luvulla rakenne-
tun asuinkerrostalon muuntamista passiivitaloksi. Yhteiskustannuksiksi arvioi-
tiin $1080\text{--}1600 \text{ €/asm}^2$, jossa ulkoseinä lisäeristettiin, ikkunat ja ovet vaihdettiin,
ilmanvaihto uusittiin, kaukolämpö otettiin käyttöön, vesikatto uusittiin ja par-
vekkeet uusittiin. (Nieminen, 2010) Kaikissa asuinkerrostaloissa ei täydy tehdä
näitä kaikkia uudistuksia. VTT arvioi, että muuttamalla 70-luvun asuinkerros-
talo passiivitaloksi, säästetään vuodessa energiakuluja $10000\text{--}30000 \text{ €}$ (Markelin-
Rantala ja Rautiainen, 2008).

Vuosina 1976–2000 valmistuneet asuinkerrostalot

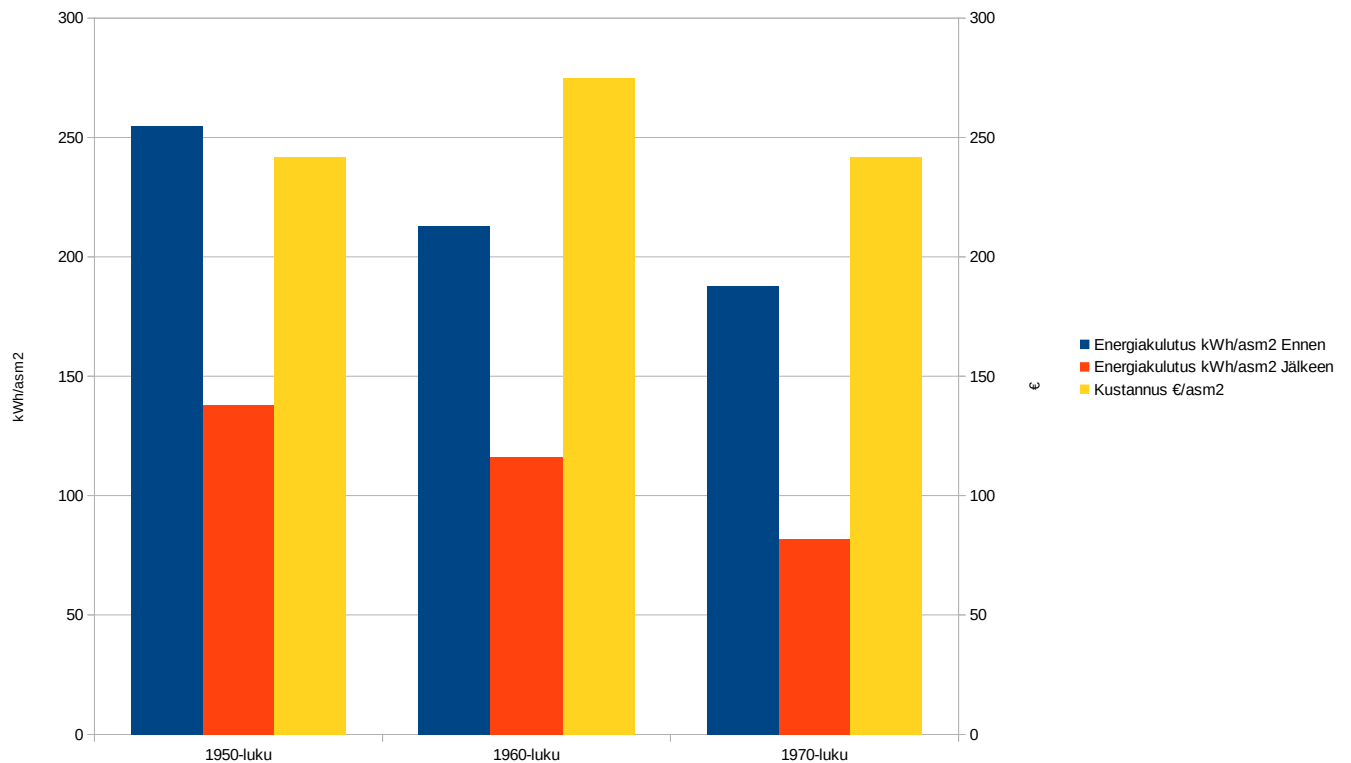
Uusin suuntaus 2000-luvulla, on vaihtoehtoisten lämmitystapojen etsintä öljyn
ja kaukolämmön tilalle suurissa kiinteistöissä. Energian hinta ja öljyn kallistu-
minen ajaa kiinteistöjen omistajia käyttämään esimerkiksi lämpöpumppuja ja
maalämmitystä. (Palonen, 2011)

VTT:n tutkimuksessa laskettiin matala- ja passiiviennergiselle mallikerrostalolle
elinkaarikustannuksia sekä kaukolämmöllä, että maalämmöllä. Molemmissa ta-
pauksissa maalämpöpumpun elinkaarikustannukset olivat alhaisemmat, 51 €/asm^2
passiivienergiatalossa ja 71 €/asm^2 matalaenergisessä. Vaikka alkuinvestointi
on suurempi. (Holopainen et al., 2010) Lähteessä käytettiin ilmaisua huonene-
liöt, mutta oletettiin sen tarkoittavan asumisneliötä.

Laajojen energiatehokkuuskorjausten kustannukset

Asuinkerrostalon energiatehokkuuteen liittyviä kustannuksia on vaikea yleis-
tää. Niihin liittyy paljon yksittäisten taloyhtiöiden tai muiden päättäjien tekemät
valinnat siitä, mitä energiatehokkuutta parantavia korjauksia tai uusintoja teh-
dään. Kaikissa tarkastelluissa aikakausissa oli varaa parantaa asuinkerrostalojen
tehokkuutta. Asuinkerrostalon energiatehokkuus liittyy suoraan kyseisen aika-
kauden ulkokuoren, ilmanvaihdon, lämmityksen ja muihin ratkaisuihin, joista
voidaan päätellä aikakaudelle tyypillinen energiatehokkuusluokka. Täysi ener-
giatehokkuutta parantava uudistava peruskorjaus parhaimpaan A-luokkaan on
aina hintava ratkaisu, jonka kustannukseksi Uotila arvioi 560 €/asm^2 (Uotila,
2012).

Kuvaaja 2.2 havainnollistaa kuinka eri vuosikymmenien asuinkerrostalojen energiatehokkuus kasvoi. Uudempi asuinkerrostalo oli valmiiksi energiatehokkaampi, jolloin samoilla toimenpiteillä saavutettiin parempi lopputulos. Kustannuksien puolesta 50-luvun asuinkerrostalon energiankulutus laski 0.48 kWh per €, 60-luvun 0.35 kWh per € ja 70-luvun 0.44 kWh per €. 60-luvun asuinkerrostalon energiakorjauksella väheni vähiten energiankulutus, vaikka sen kustannukset olivat suurimmat.



Kuva 2.2: Eri vuosikymmenien asuinkerrostalon energiankulutuksen lasku ja kustannukset samoilla toimenpiteillä (Holopainen et al., 2007)

2.2.9 Muut järjestelmät: ikkunat ja salaojat

Ikkunoiden osuus asuinkerrostalojen energiakulutuksesta on Suomessa 15%. Tämä on kaksi prosenttiyksikköä alle ulkosivun vaikutuksen. (Palonen, 2011) Ikkunoiden valintaa voidaan pitää yhtenä tärkeimmistä valinnoista energiatehokkuuden korottamiseen. Julkisivusaneerauksen yhteydessä usein uusitaan tai korjataan ikkunoita. Jos ikkunoita ei uusita tai korjata, ne täytyy erikseen suojata

julkisivusaneerauksen ajaksi.

ARA sisällyttää julkisivu-määritelmäänsä ikkunat ja antaa kokonaisuudelle 40 vuoden käyttöiän. Korjauskustannuksissa ikkunoiden uusiminen yhdistyy ovien uusimisen kanssa ja niiden yhteiskustannus on $147\text{€}/\text{asm}^2$. (Anttila et al., 2012) Rakennustiedon ohjekortissa on jaoteltu erilaisia ikkunarakenteita materiaalin perusteella. Keskimääräiset käyttöiät on puuikkunoille 50 vuotta ja puu-alumiini-ikkunoille 60 vuotta. Käyttöiässä oletetaan 2-5 vuoden tarkistusväli ja huoltotoimenpiteinä ulkomaalauksia 10 vuoden välein, sisämaalauksia 12 vuoden välinen ja tiivistämisiä 8 vuoden välein. (RT18-10922, 2008)

Vuosina 1950-1959 ja 1960-1975 käytettiin puuikkunoita ja vasta 90-luvulla siirryttiin puu-alumiini-ikkunoihin (Neuvonen et al., 2006, s. 100,171,223). Voidaan keskiarvoisesti sanoa aikakausilla 1950-1959 ja 1960-1975 ikkunoiden käyttöiän olevan 50 vuotta ja 1976-200 aikavälillä kahden ikkunatyypin käyttöiän keskiarvo on 55 vuotta. Uotilan kustannusarviot ikkunoiden osalta ovat ikkunoiden ja karmien tiivistykselle $3\text{€}/\text{asm}^2$ ja ikkunoiden uusimiselle $75\text{€}/\text{asm}^2$ (Uotila, 2012). Koska ARA-arviossa on mukana ovien uusinta, se ei ole vertailtavissa Uotilan tulosten kanssa.

Lanton tyyppitalon laskelmissa ikkunoiden korjaaminen energiamääräyksien 2010-normien mukaiseen kuntoon maksaa $217\text{€}/\text{asm}^2$ ja passiivitasoon $240\text{€}/\text{asm}^2$ (Lantto, 2011). Lanton arviot ovat reilusti korkeammat kuin Uotilan (Uotila, 2012). Lanton mukaan tutkitussa tyyppitalossa oli poikkeuksellisen suuret ikkunat, jotka nostaa ikkunakorjausten kustannuksia (Lantto, 2011). Tämän perusteella käytetään Uotilan arviota suoraan ikkunoiden kustannusarviona. Uotilan (Uotila, 2012) arvio perustuu useampaan toteutuneeseen korjaukseen.

Salaojien toimivuus voi vaikuttaa merkittävästi rakennuksen kosteusongelmiin. Salaojajärjestelmällä estetään veden kapillaarivirtaus rakenteeseen tai rakenteissa. Nykymääräysten mukaan salaojajärjestelmällä pidetään pohjavesipinta riittävällä etäisyydellä lattiasta ja johdetaan imeytyvät pintavedet pois perustusten vierestä ja rakennuksen alta. (Rakentamismääräyskokoelma, 1998) Jos voidaan osoittaa tämän toteutuvuus ilman salaojajärjestelmää, se voidaan jättää pois.

Rakennustiedon ohjekortti antaa salaojille keskimäärin 40 vuoden käyttöiän, jossa tarkastusväli on 2 vuotta ja huoltoväli 5 vuotta. Jos salaojia ei pystytä tarkastamaan tai huoltamaan, niiden käyttöikä laskee 25%, eli keskimäärin 30 vuoteen. (RT18-10922, 2008)

2.3 Johtopäätökset ja tyyppitalojen määrittely

Suurimmat kustannukset asuinkerrostalojen korjausrakentamisessa muodostuu julkisivuun, sekä vesi- ja viemärintijärjestelmiin kohdistuvista korjaustarpeista. Täysin uusittuna näille saa kuitenkin pitkät käyttöiät, jolloin kustannukset suhteutettuna käyttöikään eivät ole niin suuret.

Suurimmassa osassa tapauksista, käytettiin korjausvelan arviointiin tämän hetkisiä arvioita korjausrakentamisen hinnoista. Tämä ei välttämättä pidä paikkaansa vanhempien korjausten osalta. Vaatisi lisätutkimusta selvittää käytettyjen korjausmenetelmien hinnat kultakin vuosikymmeneltä ja sen jälkeen arvioida rahan arvon inflaation kanssa vastaako se kuinka tarkasti nykyisiä kustannuksia. Työn tavoitteena oleva malli pyrkii antamaan arvioita tulevasta kustannuksista, jolloin nykyhintaisten kustannusarviot ovat järkevämpiä. Asuinkerrostalojen menneet korjaukset ja niiden kustannukset löytyvät taloyhtiön taseesta.

Toinen ongelma on käytetyt menetelmät. Nykyiset menetelmät saattavat olla parempia ja tarjota parempaa käyttöikää. Korjausvelkamalliin annetaan tieto asuinkerrostaloon tehdyistä korjauksista. Niiden oletettu käyttöikä perustuu kirjallisuustutkimukseen tuloksiin, eli käytännössä nykyisiin menetelmiin. Tämä on riittävä arvio, koska asuinkerrostalon korjauksista löytyvä tieto voi olla hyvin epätarkkaa.

Tutkimuksen aikana selvisi, että aikakausille ei löydy niin selkeää tyyppitaloa kuin ennen tutkimusta oletettiin. 1950-luvun asuinkerrostalot ovat monimuotoisia niin käytettyjen materiaalien kuin runkoratkaisujen perusteella. Osa ratkaisuksista on yleisempiä kuin toiset, mutta vaihtelua on paljon. Ilmanvaihdossa, lämmityksessä ja vesi- ja viemärijärjestelmissä sen sijaan löytyi selkeät yleistysten eri aikakausien ratkaisuihin, joskin ne eivät menneet aivan yksin oletettujen aikakausien kanssa.

Muhvilliset suomugrafitiset valurautaviemärit olivat käytössä tässä työssä käytettyjen aikakausien yli, alkaen ennen 1950-lukua ja päättyen 1970-luvun alulle. Lisäksi yhdellä aikakaudella saattoi olla rinnakkain käytössä sekä vanhaa että uutta tekniikkaa, kuten 60-luvulla vanha ja uusi valurautainen viemäri. Yksittäisen järjestelmän, kuten viemärien, käyttäminen aikakausien määrittämiseen ei toimi koko asuinkerrostalon kannalta.

Vuosille 1950-1970 sisältyy erittäin laaja kaari erilaisia ulkokuoriratkaisuja ja jopa siirtyminen täysin uuteen tekniikkaan, betonielementteihin. Betonielementtirakentamisen aikakaudellakin sisäinen hajonta oli yllättävän laajaa. Ulkoseinäraakenteissa käytettiin kyllä betonielementtejä tasaisesti, mutta julkisivupinnoitteet vaihtelivat ja ne vaikuttavat suuresti käyttöikiin ja korjauskustannuksiin.

Moderniksi asuinkerrostalojen aikakaudeksi nimetty viimeinen aikaväli 1975-2000 oli erityisen monimuotoinen. Tämä oli oletettavaa, koska käsiteltävä aikaväli on pitempi. Arviointimallin muodostamista vaikeuttaa se, että yhdelle tyyppilliselle julkisivuratkaisulle voi olla useita erilaisia korjausvaihtoehtoja, joiden kustannukset ja käyttöiät vaihtelevat. Se mikä korjaustapa valitaan, riippuu kiinteistön käyttäjien tarpeista ja korjattavan ratkaisun kunnosta.

Tietoa kustannuksista löytyi hajanaisesti ja yhtä määriteltyä tapaa ilmaista niitä ei ollut. Osissa lähteistä oli ilmoitettu esimerkiksi korjauskustannuksista kaikki mahdolliset työhön liittyvät kustannukset, mukaanlukien työ ja suunnittelu. Toisissa ilmoitettiin vain osan, esimerkiksi ilmanvaihtokoneen hinta. Osa ilmoitetuista hinnoista oli ilmoitettu arvonnalisäverottomina, osa arvonnalisäveron kanssa ja joissain ei ollut mainintaa ollenkaan. Näistä kaikista otettiin keskiarvot sekaisin, joka vaikuttaa arvioiden tarkkuuteen. Yksiköt eivät olleet samoja kaikissa lähteissä. Eurot suhteutettiin yleisesti asumisneliöihin, mutta jotkin lähteet käyttivät neliöitä ja nettoneliöitä. Julkisivuille laaja-alaisimmat tiedot löytyivät Uotilalta (Uotila, 2012) ja betonistrategian yhteydestä (Lahdensivu et al., 2010). Yleisempi keskiarvo julkisivun korjaukselle oli käytössä ARA:n tutkimuksessa (Anttila et al., 2012). Tämän työn mallissa otetaan huomioon eritelty korjauskustannukset eri menetelmille. Käytetään yleistäviä luokkia, joiden avulla saadaan keskiarvoisia kustannuksia useille menetelmille. Tiedot menetelmät vastasivat toistensa tavoitteita, jolloin ne oli perustelua luokitella yhteen.

Kirjallisuustyön perusteella ei siis voida tarkasti määrittää yksiselitteisiä tyyppitaloja eri aikakausille. Lähes jokaiselle talotekniselle järjestelmälle ja rakenteelliselle ratkaisulle löytyi jokaiselta aikakaudelta useampi vaihtoehto. Voidaan sanoa kirjallisuustutkimuksen tavoitteen onnistuneen, koska saatiin yhdistettyä tietoa eri lähteistä ja luotua sitä kautta yleistäviä arvioita korjausvelkamallin käyttöön.

Taulukoissa 2.29, 2.30 ja 2.31 on esitetty aikakausien asuinkerrostalojen tyyppilliset talotekniset järjestelmät ja rakenteet, joita tullaan käyttämään seuraavassa luvussa korjausvelan arviointiin.

Taulukko 2.29: Kirjallisuustutkimuksen mukainen tyypillinen asuinkerrostalo aikakaudelle 1950-1959

| | |
|---------------------|---|
| Tyypitalo | 1950-1959 |
| Osa | Ratkaisu |
| Kylmävesijohto | Sinkitetty teräs |
| Kuumavesijohto | Kupari |
| Viemäri | Muhvillinen valurauta suomugrafitia |
| Lämmitysjärjestelmä | Vesikiertoinen pumpulla Patteriventtiilit Linjasäätöventtiilit Lämmönsiirrin |
| Lämmitysputkisto | Takorauta Teräsputki |
| Lämmityspatterit | Teräslevy |
| Ilmanvaihto | Koneellinen poisto Painovoimainen |
| Ilmanvaihtokanavat | Rakennusaineiset |
| Sähköjohdot | Muoviset rakenteiden sisässä |
| Runkotyyppi | Valettu betoni Massiivitiilirunko |
| Julkisivu | Kolmikerrosrappaus Ohut tiilikerros Levypintainen |
| Yläpohja | Massiivinen teräsbetonilaatta |
| Välipohja | Massiivinen teräsbetonilaatta + uiva laatta |
| Kattotyyppi | Harjakatto Aumakatto |
| Kattomateriaali | Savikattotiili Betonikattotiili Galvanoitu pelti |

Taulukko 2.30: Kirjallisuustutkimuksen mukainen tyyppilinen asuinkerrostalo aikakaudelle 1960-1974

| | |
|--------------------|--|
| Tyypitalo | 1960-1974 |
| Osa | Ratkaisu |
| Kylmävesijohto | Sinkitetty teräs |
| Kuumavesijohto | Kupari |
| Viemäri | Muhvillinen valurauta suomugrafittia Muhviton valurauta pallografittia Muovi PVC PE |
| Lämmitys | Vesikiertoinen pumppu Patteriventtiilit Linjasäätöventtiilit Lämmönsiirrin |
| Lämmitysputkisto | Teräs Kupari |
| Patterit | Teräslevy Liitepatterit terästä |
| Ilmanvaihto | Koneellinen poisto |
| Ilmanvaihtokanavat | Betonielementit Kierresaumattu pelti |
| Sähköjohdot | Muoviset elementtien sisässä ja vaakavienti onteloissa |
| Runkotyyppi | Osaelementti BES-täyselementti |
| Julkisivu | Pesupintabetoni Harjattu- ja maalattu betoni Harjattu- ja maalaamaton Rappaus Muottipintainen ja maalattu betoni |
| Välipohja | Massiivinen teräsbetonilaatta + uiva laatta U-laatta Ontelolaatta |
| Yläpohja | Massiivinen teräsbetonilaatta U-laatta Ontelolaatta |
| Kattotyyppi | Tasakatto |
| Kattomateriaali | Peltikate Kumibitumikermikate Huopakate (moderni) |

Taulukko 2.31: Kirjallisuustutkimuksen mukainen tyypillinen asuinkerrostalo aikakaudelle 1975-2000

| | |
|--------------------|--|
| Tyypitalo | 1975-2000 |
| Osa | Ratkaisu |
| Kylmävesijohto | Kupari muovi |
| Kuumavesijohto | Kupari muovi |
| Viemäri | Epoksoitu valurauta Muhviton valurauta pallografittia Muovi PVC HT-T Muovi PVC HT+T |
| Lämmitys | Vesikiertoinen pumppu Patteriventtiilit Linjasäätöventtiilit Lämmönsiirrin |
| Patterit | Ripaputki teräs Ripaputki kupari Ripaputki ruostumaton teräs Ripaputki haponkestävä teräs |
| Ilmanvaihto | Koneellinen poisto Koneellinen tulo ja poisto Asuntokohtainen tulo ja poisto Koneellinen poisto, asuntokohtainen tulo |
| Ilmanvaihtokanavat | Kierresaumattu pelti |
| Sähköjohdot | Muoviset elementtien sisässä Erillinen nousukuilu Vaakavienti onteloissa |
| Runkotyyppi | BES-täyselementti |
| Julkisivu | Pesupintabetoni Harjattu- ja maalattu betoni Muottipintainen betoni Klinkkeripinta Valkobetoni Rappaus |
| Yläpohja/Välipohja | Yhdistelmä betonielementtikuori ja valubetoni U-laatta Ontelolaatta |
| Kattotyyppi | Tasakatto Pulpettikatto Harjakatto |
| Kattomateriaali | Moderni huopakate Bitumikermikate |

Luku 3

Korjausvelan mallinnus

Tässä luvussa tarkennetaan kirjallisuudesta löytyneitä linjasaneerauskustannuksia tutkimalla Isännöintiliiton teettämän putkisaneerauskyselyn tuloksia. Sen lisäksi vertaillaan kirjallisuuslähteistä löytyneitä käyttöikiä kerrostalojen myynti-ilmoitusten perusteella kerättyihin toteutuneisiin käyttöikiin.

Lopuksi muodostetaan laskentataulukkoon korjausvelan mallinnus, joka ottaa huomioon asuinkerrostalon rakentamisvuoden, siinä tehdyt korjaukset ja valitut toimenpiteet tuleville korjauksille. Malli antaa tuloksena asuinkerrostalon tulevan korjausvelan määrän.

Tässä diplomityössä korjausvelka on kiinteistön tulevien korjausten kustannusten nykyarvojen summa. Korjausvelan voidaan ajatella käytännössä olevan kustannus asuinkerrostalo korjaamiseen joko uutta vastaavaan kuntoon tai optimitasoon. Optimitason määritelmä on subjektiivinen, koska sen määrittää pääasiallisesti asuinkerrostalon korjauksista päättävät henkilöt. Tässä työssä korjausvelan arviot perustuvat toteutuneiden saneerausten kustannuksiin. Korjausvelkamalli antaa täten asuinkerrostalon optimitasoon kohottavan kustannuksien määrä. Kunnon heikentyessä ajan myötä jokainen asuinkerrostalon talotekninen järjestelmä ja rakenteellinen osa kasvattaa omaa korjausvelkaansa, näiden yhteenlaskettu summa on koko asuinkerrostalon korjausvelka.

Mallin pääasiallisina käyttäjinä ajatellaan olevan asuinkerrostalojen asuntojen ostajat ja asunto-osakeyhtiöiden hallitukset. Molemmat hyötyvät mallin antamista arvioista tulevien korjausten ajankohdista ja kustannuksista.

Kirjallisuuslähteet, tutkitut myynti-ilmoitukset ja Isännöintiliiton teettämä putkisaneerauskysely antoivat yleiskuvan eri aikakausien tyypillisistä asuinkerrostaloista ja niiden osien korjauskustannuksista.

Työssä määriteltiin kolme aikakautta asuinkerrostalojen rakentamisvuoden pe-

rusteella. Aikakaudet ovat 1950-1959, 1960-1975 ja 1976-2000. Näiden aikakausien välillä huomattiin eroja taloteknisissä järjestelmissä ja rakenteellisissa ratkaisuissa, jotka käyvät ilmi edellisen luvun lopusta. Kirjallisuustutkimus johti tyyppitalojen määrittämiseen eri aikakausille, joiden lisäksi määritettiin taloteknisten järjestelmien ja rakenteellisten ratkaisujen teoreettisia käyttöikä ja korjaus, sekä uusimiskustannuksia.

Jos korjausvelkamallia käyttäessä ei tiedetä jonkin asuinkerrostalon osan tarkempaa määrittelyä, voidaan turvautua yleistäviin päätelmiin aikakauden asuinkerrostalosta. Jokaiselle talotekniselle järjestelmälle ja rakenteelliselle ratkaisulle pyrittiin löytämään kirjallisuudesta erikseen arvio niiden käyttöiästä ja niihin liittyvistä kustannuksista. Tämän lisäksi muodostettiin yleistäville saneerauksille kustannuksia. Erittelyn ansiosta voidaan laskea korjausvelkamallin avulla jokaiselle asuinkerrostalon osalle erikseen sen korjausvelka ja kuinka pitkä käyttöikä sillä on jäljellä. Jos ei tiedetä tarkkaan osiin kohdistuneita korjauksia tai sen tyyppiä, voidaan käyttää yleistäviä arvioita tai laajempia saneerauksia antamaan arvio korjausvelasta.

Asuinkerrostalon osien ja järjestelmien ikä tulee esille silloin, kun korjausmenetelmissä on rajoittavia tekijöitä. Osa julkisivujen pakkasrapautumien korjausmenetelmistä pystytään tekemään vain, jos korroosio ei ole edennyt liian pitkälle. Tämä paikkausraja on kirjattuna taulukossa, mutta se jätettiin laskennasta pois.

Korjausvelan mallintamisella saadaan tässä työssä jokaiselle asuinkerrostalon talotekniselle järjestelmälle ja rakenteelliselle ratkaisulle jäljellä oleva käyttöikä ja sen loppuessa koituva kustannuserä. Nämä yhteensä muodostavat asuinkerrostalon korjausvelan.

3.1 Myynti-ilmoitukset

Intellia Oy:lta saatiin käyttöön osa heidän palvelutietokannan asunto-osakeyhtiötiedoista. Saatu tieto käsitti internetistä kerrostalojen asuntojen myynti-ilmoituksista koneellisesti kerättyä dataa. Koko otos oli yli 7000 myynti-ilmoitusta, joista osa koskee samaa asuinkerrostaloa, jolloin niistä saatavat tiedot ovat samat. Myynti-ilmoituksissa on ilmoitettuna isännöitsijätodistuksesta, tai muualta saatuna tietona, asuinkerrostalon toteutuneet korjaukset ja tulevat korjaukset. Näiden tietojen laajuutta ja tarkkuutta on kritisoitu tämän työn johdannon osuudessa.

Koneellisesta kerätty data jätti käsin eriteltäväksi vapaasti muotoillut tietokentät korjauksista. Näistä tiedoista pystytään päättämään hieman todellisia käyttöikä eri taloteknisille järjestelmille ja rakenteille joita tässä työssä on käsitelty. Kerätty tieto jaettiin asuinkerrostalojen rakentamisvuoden perusteella. Otettiin

tämän työn aikakausiajoittelun mukaisesti noin 10 asuinkerrostalon otos joka toiselta vuodelta kahden ensimmäisen aikakauden 1950-1959 ja 1960-1975 osalta. Modernin rakentamisen aikakauden 1976-2000 aikaväli on niin laaja, että otettiin 5 asuinkerrostaloa joka toiselta vuodelta. Lukumäärät eivät ole täsmällisiä, koska joissain ilmoituksissa oli niin vähän tietoa korjauksista, että päätettiin ottaa ylimääräinen korvaamaan tätä puutosta. Tavoitteena oli saada riittävästi käyttöikiä, jotta niiden keskiarvoja voitaisiin vertailla kirjallisuuslähteisiin. Saatiin vuosilta 1950-1959 tutkittavaksi 67 myynti-ilmoitusta, vuosilta 1960-1975 96 myynti-ilmoitusta ja vuosilta 1976-2000 104 myynti-ilmoitusta. Isännöitsijätodistuksissa ja myynti-ilmoituksissa toteutuneet ja tulevat korjaukset ovat vapaamuotoisesti kirjoitettua tekstiä. Niistä jouduttiin käsin erittelemään tässä työssä rajatut rakennuksen osat ja tieto siitä millainen korjaus tai uusinta oli tehty. Toteutuneissa korjauksissa toistuivat sanat kuten: remontti, kunnostus, uusinta, saneeraus, korjaus, peruskorjaus ja perusparannus. Näille kaikille ei haluttu omaa luokitusta, joten päädyttiin käyttämään kahta määritelmää. Joko rakennuksen osa oli uusittu, tai se oli kunnostettu. Kunnostuksella tarkoitetaan kaikkia pienempiä korjauksia, huoltomaalauksia, pinnoituksia ja muita vastaavia. Uusinnalla tarkoitetaan rakenteen osan kokonaista uusimista uutta vastaavaan tasoon tai niin uudeksi kuin pystytään. Uusintoihin luokiteltiin saneeraukset ja peruskorjaukset, koska mittavina toimenpiteinä ne ylittävät pelkän korjaamisen määritelmän. Ongelmallista oli pelkkä maininta remontista, esimerkiksi kattoremontti, nämä luokiteltiin saneerausten kanssa samaan joukkoon. Joissain tapauksissa niillä tarkoitettiin jotain pienempää korjausta. Linjasaneerauksessa oletettiin, jollei toisin mainittu, että saneerattiin vesijohdot, viemärit ja sähköjohdot. Todelisuudessa linjasaneerauksessa tehdyt toimenpiteet riippuvat kohteessa tehdystä kuntotarkastelusta.

Korjauksia eritellessä pyrittiin noudattamaan työn rajoituksia taloteknisistä järjestelmistä ja rakenteista joita käsitellään. Esimerkiksi pihaan tehtävät korjaukset jätettiin pois. Tutkittavat osat jaoteltiin seuraavasti:

- Salaojat
- Vesikate
- Vesikatto ja yläpohja
- Lämmönvaihdin
- Lämmitysjärjestelmä
- Jakokeskus
- Sähkö

- Ikkunat
- Lämmönjakolaitteet
- Patteriventtiilit ja lämpötilojen säätö
- Vesijohdot
- Viemärit
- Julkisivut
- Ilmanvaihtokanavat ja ilmanvaihdon säätö
- Ilmanvaihtojärjestelmä

Laaja jakautuminen lämmitykseen liittyvissä järjestelmissä johtuu suoraan myynti-ilmoitusten yksityiskohdista. Monessa oli ilmoitettu erikseen lämmönvaihtimien uusiminen, joissain mainittiin jakokeskuksen saneeraukset tai muutokset lämmitysjärjestelmään. Lämmitysjärjestelmän muutokset olivat yleensä siirtyminen kaukolämpöön tai järjestelmän venttiileihin liittyvät korjaukset. Vain muutamassa tapauksessa korjattiin lämmitysputkia. Jakokeskuksen yhteydessä ei mainittu mitä korjauksia tai uusintoja sinne tehtiin, muuta kuin lämmönsiirtimet. Jos jakokeskukseen oli tehty saneeraus tai uusinta, oletettiin tällöin lämmönvaihtimen uusittavan. Mahdollisesti osassa kiinteistöistä oli jakokeskuksessa toiminnassa muu lämmitysjärjestelmä kuin kaukolämmitys. Niissä on silti täytynyt olla jonkinlainen lämmönsiirrin käyttövedelle ja vesikiertoiselle lämmitykselle.

Jaottelussa on erikseen vesikate ja vesikatto yläpohjan kanssa, koska myynti-ilmoituksissa oli käytetty termejä sekaisin. Välillä vesikate tarkoitti katon vettä eristävää osuutta ja välillä se käsitti kokonaan yläpohjan yläpuolisen osan, mikä on virheellisesti määritelty. Mahdollisuuksien mukaan tulkittiin tekstistä voidaanko vesikatto siirtä vesikate-osuuteen, jolla tarkoitetaan tässä työssä katteen materiaalia ja muihin kattorakenteisiin kohdistuvia toimenpiteitä. Vesikaton ja yläpohja osuuteen jäikin lähinnä rakenteisiin kohdistuvia korjauksia ja yläpohjan lämmöneristävyuden lisäystä.

Sähkökorjauksia tai saneerauksia tehtiin yleensä, kun haluttiin ottaa käyttöön jokin uusi järjestelmä, kuten antenniverkon digitalisointi. Tehdyissä korjauksissa ei yleensä ollut mainintaa muutosten laajuudesta, vain mitä muutosta sähkösaneeraus koski. Niistä ei voi suoraan olettaa vanhoja sähköjohtojen uusintaa.

Lämmönjakolaitteita harvoin uudistettiin tai korjattiin, mutta muutamassa kohteessa oli käytetyt radiaattorit vaihdettu. Patteriventtiilejä uusittiin säännöllisin väliajoin ja usein tehtiin lämpöverkoston tasapainotus ja säätö samalla. Nämä

kaksi eroteltiin asettamalla patteriventtiilit uudistus-luokkaan, jos vaihdettiin ja suoritettiin säätö. Jos tehtiin pelkkä lämpöverkoston säätö, asetettiin käyttöikä kunnostus-luokkaan.

Ilmanvaihtokanaviin kohdistuvissa korjauksissa jaoteltiin erikseen pelkkä ilmanvaihtokanavien nuohous korjauksena ja ilmanvaihtokanavien uusinta. Ilmanvaihtokanavien uusinta oli huomattavasti harvinaisempaa. Erillinen kohta ilmanvaihtojärjestelmä tarkoittaa ilmanvaihtokanavien ulkopuolelle jääviä osia, kuten ilmanvaihtokoneet ja automatiikka. Näissä eroteltiin korjaukset ja uusimiset tai peruskorjaukset. Korjaukset kohdistuivat lähinnä järjestelmän sisäisiin komponentteihin, kuten ilmanvaihtokoneet. Uusittavia kohteita olivat yleensä venttiilit ja ilmanvaihtokoneet. Pelkkien ilmanvaihtokoneiden käyttöikäksi voidaan laskea keskiarvo 35 vuotta kaikilta aikakausilta, joka on 12 vuotta enemmän kuin kirjallisuuden suosittelemama tekninen käyttöikä.

Mielenkiintoista oli julkisivun elementtisaumoihin kohdistuvat uusivat korjaukset. Ne alkoivat 1970 vuodesta rakennetuista asuinkerrostaloista eteenpäin. Tämä selittyy nykyään käytettävissä olevalla elastisella kittisaumalla, jonka käyttöikä on keskimäärin 15 vuotta (Neuvonen et al., 2006, s. 168)

Tieto kerättiin käsin laskentataulukkoon, jotta pystyttiin laskemaan keskimäärisiä käyttöikä, kun verrattiin ensimmäistä tehtyä korjausta tai uusintaa asuinkerrostalon rakentamisvuoteen. Näiden tietojen perusteella tehtiin taulukko 3.1. Vertailun vuoksi on myynti-ilmoituksista löydettyjen arvojen alle esitetty kirjallisuuslähteistä löytyneitä vastaavien järjestelmien keskiarvoisia käyttöikä. Koska myynti-ilmoituksissa ei ollut usein eriteltynä yksityiskohtaisesti järjestelmien alatyyppejä, käytettiin kirjallisuuslähteistä keskiarvoja.

On mainittava, että myynti-ilmoituksista kerätyt käyttöiät eivät ota huomioon niitä kohteita, joissa ei ole tehty mitään korjauksia tai uusintoja. Eli niissä käyttöikä on vähintään vuoteen 2014 asti ja jatkuu kunnes ne uusitaan. Tätä tulevaa uusinta-aikaa ei voi kuitenkaan ennustaa, jos sitä ei ole kirjattuna kiinteistön tulevissa korjauksissa. Jos näitä voitaisiin ottaa huomioon keskiarvoja laskettaessa, järjestelmien käyttöiät kasvaisivat. Eniten tämä näkyisi aikakaudella 1976-2000, koska tällä aikakaudella on suhteessa vähiten korjauksia tai uusintoja tutkituissa myynti-ilmoituksissa. Niitä järjestelmiä, joissa on lyhyemmät tekniset käyttöiät, voidaan verrata myöhemmiltä aikakausilta kirjallisuuden keskiarvoon.

Lämmönjakokeskukselle ei löytynyt kirjallisuudesta käyttöikä tämän työn puitteissa. Myynti-ilmoituksien perusteella siihen yleensä liitettiin lämmönvaihtimien uusinta.

Mielenkiintoisaa on nähdä, että riippumatta asuinkerrostalon rakentamisvuodesta, ensimmäiset korjaukset tai uusinnat tehdään 2000-luvun vaihteessa tai myöhemmin. Vaikka teknisen käyttöiän puolesta esimerkiksi IV-koneita ja läm-

Taulukko 3.1: Myynti-ilmoituksista selvinneiden käyttöikien vertailu kirjallisuuteen. Merkittävät eroavaisuudet korostettu.

| Järjestelmän käyttöikä | 1950-1959 | 1960-1975 | 1976-2000 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Salaojat Uusinta (U) | 54 | 44 | 23 |
| Salaojat Korjaus (K) | 58 | 43 | 23 |
| Kirjallisuus | 40 | 40 | 40 |
| Vesikate U | 50 | 34 | 24 |
| Vesikate K | 44 | 37 | 21 |
| Kirjallisuus | 53 | 39 | 29 |
| Vesikatto ja yläpohja U | | 33 | 20 |
| Vesikatto ja yläpohja K | 53 | 39 | 23 |
| Kirjallisuus | 100 | 100 | 100 |
| Lämmönvaihdin U | 51 | 34 | 23 |
| Lämmönvaihdin K | 40 | 34 | |
| Kirjallisuus | 20 | 20 | 20 |
| Lämmitysjärjestelmä U | 51 | 34 | 18 |
| Lämmitysjärjestelmä K | 53 | 39 | 20 |
| Kirjallisuus | 48 | 48 | 48 |
| Jakokeskus U | 49 | 38 | 24 |
| Jakokeskus K | 39 | 40 | 19 |
| Sähkö U | 53 | 46 | 18 |
| Sähkö K | 50 | 32 | 19 |
| Kirjallisuus | 50 | 100 | 100 |
| Ikkunat U | 46 | 37 | 30 |
| Ikkunat K | 48 | 32 | 21 |
| Kirjallisuus | 50 | 50 | 55 |
| Lämmönjakolaitteet U | 43 | | 31 |
| Lämmönjakolaitteet K | | 28 | |
| Kirjallisuus | 100 | 100 | 100 |
| Patteriventtiilit ja lämpötilojen säätö U | 52 | 38 | 23 |
| Patteriventtiilit ja lämpötilojen säätö K | 50 | 40 | 25 |
| Kirjallisuus | 23 | 23 | 23 |
| Vesijohdot U | 52 | 42 | 26 |
| Vesijohdot K | 50 | 37 | 12 |
| Kirjallisuus | 41 | 41 | 50 |
| Viemärit U | 52 | 45 | 30 |
| Viemärit K | 53 | 44 | |
| Kirjallisuus | 47 | 38 | 50 |
| Julkisivut U | 57 | 38 | 27 |
| Julkisivut K | 53 | 31 | 22 |
| Kirjallisuus | 50 | 48 | 70 |
| Ilmanvaihtokanavat ja ilmanvaihdon säätö U | 50 | 35 | 31 |
| Ilmanvaihtokanavat ja ilmanvaihdon säätö K | 56 | 40 | 20 |
| Kirjallisuus kanavat | 100 | 100 | 100 |
| Kirjallisuus nuohous | 10 | 10 | 10 |
| Ilmanvaihtojärjestelmä U | 55 | 44 | 25 |
| Ilmanvaihtojärjestelmä K | 60 | 46 | 18 |
| Kirjallisuus IV-kone | 23 | 23 | 23 |

mitysjärjestelmän venttiilejä tulisi uusia noin 20 vuoden välein. Onko näitä huoltotoimenpiteitä ja uusintoja jätetty tekemättä asuinkerrostalon ensimmäisinä vuosikymmeninä? Toinen vaihtoehto on, että näitä ei ole kirjattu tehtyihin korjauksiin myynti-ilmoituksissa. Ensimmäiset korjausten tai uusintojen jälkeen taloyhtiöissä keskimäärin alettiin tekemään huoltotoimenpiteitä järjestelmiin säännöllisin väliajoin. Usein tämä vastasi noin rakennustiedon ohjekortin (RT18-10922, 2008) mukaista huoltoväliä.

1950-luvulla ylitetään salaojien käyttöikä reilusti. Samoin suositeltu huoltoväli ei käytännössä vaikuta toteutuvan, joka laskee kirjallisuuden mukaan salaojien käyttöikää.

Vesikatteeseen kohdistuvat korjaukset ja uusinnat vastasivat kirjallisuuden käyttöikää kaikilla aikakausilla. Tämä voi johtua siitä, että katteilla on yksinkertaiset huoltotoimenpiteet jotka ovat halpoja. Vesikattoon ja yläpohjaan kohdistuvia korjauksia tehtiin aiemmin kuin mikä yläpohjan tekninen käyttöikä on. Näitä uusintoja ja korjauksia oli yleensä rakenteen lämpötekniinen parantaminen ja vesivahinkojen aiheuttamat korjaustarpeet.

Lämmönvaihtimien teknistaloudellinen käyttöikä kirjallisuuden perusteella on 20 vuotta. Myynti-ilmoituksista kävi ilmi, että aikakausilla 1950-1959 ja 1960-1975 lämmönvaihtimia vaihdettiin reilusti pidemmän käyttöikänsä jälkeen. Lämmönvaihtimien hyötysuhde on todennäköisesti laskenut ja rikkoutumisriski on kasvanut. Modernin rakentamisen aikakaudella 1976-2000 noudatettiin kirjallisuuden vaihtoväliä keskiarvolla 23 vuotta.

Lämmitysjärjestelmässä vaikuttaisi 1950-luvun osalta käytäntö vastaavan kirjallisuutta. Tekninen käyttöikä on 48 vuotta, jolloin myöhempien aikakausien osalta tarkastelu ei ole enää riittävän tarkkaa.

Sähkölaitteissa myynti-ilmoitusten perusteella 1950-luvun heikot sähköjohdot on jo uusittu, jolloin niiden käyttöikä 50 toteutui. Suurimmassa osassa sähkö saneeraus perusteena oli jokin käyttötarkoituksen muuttuminen ja siirtyminen moderniin yleiskaapelointiin. Tästä johtuen sähkökorjauksia ja uusintoja tehtiin huomattavasti aiemmin kuin muovisten sähköjohtojen käyttöikänsä mukaan oli tarvetta.

Ikkunoita on 1950-luvulla uusittu aiemmin kuin puisten ikkunoiden kirjallisuuden käyttöikä edellyttäisi. Ensimmäisen ikkunoihin kohdistuvan korjauksen aikaväli on erittäin paljon pitempi kuin kirjallisuuden suositus huoltovälille. Tämä voi tarkoittaa sitä, että alkuperäisiä puisia ikkunoita ei ole huollettu riittävästi. Ne täytyy uusia kokonaan ennen käyttöikänsä loppumista. Myöhemmillä aikakausilla myynti-ilmoitusten perusteella ikkunoiden huoltoväli on pidempi kuin kirjallisuuden suositus. Tekninen käyttöikä on niin pitkä, että uusimisaikaa ei voi verrata uusimmalla aikakaudella.

Lämmönjakolaitteisiin kohdistuvia uusintoja ja korjauksia oli verrattain harvassa. Tehtyjen perusteella niiden käyttöikä jäi alemmaksi kuin kirjallisuudessa. Syyn voi olettaa olevan energiatehokkuuden parantaminen tai muu käyttötarpeen muuttuminen tai vesivahinko, eikä näin ollen kuvasta järjestelmän yleistä teknistä käyttöikää.

Patteriventtiilien ja muiden lämmitysjärjestelmään liittyvien venttiilien vaihtoväli on kirjallisuudessa 23 vuotta. Myynti-ilmoitusten perusteella tämä ylittää reilusti. 1950-luku ja vuosina 1960-1975 rakennetuissa asuinkerrostaloissa venttiilien uusintaväli ylittyy noin 20 vuodella. Lämpötilan säätö todettiin kirjallisuudessa venttiilien vaihdon yhteydessä kannattavaksi, mutta silti myynti-ilmoitusten perusteella sitä ei aina tehty. Toisaalta sille ei ole pakollista tarvetta kaikissa kohteissa. Vuodesta 1976 eteenpäin myynti-ilmoitusten venttiilien vaihtoväli näyttää noudattavan kirjallisuuden suositusta.

Käyttövesijohdoissa kirjallisuuden käyttöikäarviot vastaavat myynti-ilmoituksia rakennusvuodesta 1960 eteenpäin. 50-luvun asuinkerrostaloissa käyttöikä ylittyy noin 10 vuodella. Joka viittaisi siihen, että taloyhtiöissä havahdutaan myöhemmin tarpeellisiin putkisaneeeraustarpeisiin. Viemäreissä 50-luvun asuinkerrostaloissa on vain viiden vuoden heitto myynti-ilmoitusten ja kirjallisuuden käyttöiän välillä. Aikavälin 1960-1975 asuinkerrostalot ylittävät kirjallisuuden käyttöiän noin seitsemällä vuodella. Mutta vesijohtojen ja viemärin käyttöikää ei voida arvioida rakentamisvälin 1976-2000 asuinkerrostaloissa, koska niissä oli vielä paljon määrittelemätöntä tietoa tulevien putkisaneeerausten ajoituksista.

Julkisivuissa kirjallisuuden käyttöiät ovat pitkiä, mutta ne olettavat säännöllistä huoltoa. Huolto ei näytä toteutuvan myynti-ilmoitusten perusteella. Korjauksia pyrittiin sijoittamaan omaan kategoriaan, mutta ensimmäisten kirjattujen korjausten aika oli samaa luokkaa kuin uusimisen. 50-luvulla käyttöikä ylittyy seitsemällä vuodella, mutta miltei kaikissa oli tehty jonkinasteinen julkisivusaneeraus tai sellainen oli tulossa. 1960-1975 vuonna rakennetuissa asuinkerrostaloissa käyttöikä oli alle kirjallisuuden. Tämä voi johtua juuri huonolaatuisen betonin pakkasrapautumisesta, jota voi ehkäistä ja käyttöikää pidentää huoltotoimenpiteillä. Näistä huolloista ei kuitenkaan näkynyt viitteitä myynti-ilmoituksissa, jolloin kymmenen vuotta teoriaa alhaisempi käyttöikä vaikuttaa olevan huonon kiinteistöhuollon seuraus. Vuodesta 1976 eteenpäin vaikuttaa toteutuvat teoreettinen korjausväli elementtisaumoille, eli 15 vuotta, josta käytäntö ylittyy vain 7 vuotta. Uusille julkisivuille voi siis olettaa kirjallisuuden mukaista käyttöikää tulevaisuudessa niissä kohteissa joissa julkisivuja huolletaan.

Ilmanvaihtokanavissa kirjallisuuden määrittämä 10 vuoden huoltoväli ei toteutunut millään aikakaudella. Tämä koskee vain ensimmäistä kanaviin kohdistuvaa huoltoa. 2000-luvulla ensimmäisten huoltojen jälkeen jatkettiin taloyhtiöissä

huoltotoimenpiteitä säännöllisemmin. Nuohous vaikuttaa paloturvallisuuteen, sisäilman laatuun ja järjestelmän tehokkuuteen. Näitä ongelmia ei välttämättä osata helposti paikallistaa pölyisiin ilmanvaihtokanaviin.

Ilmanvaihtojärjestelmät oli sekava kategoria, johon liitettiin muuhun kuin ilmanvaihtokanaviin kohdistuneet korjaukset ja uusinnat. 1976 vuodesta eteenpäin rakennetuissa asuinkerrostaloissa toteutui suositeltu vaihtoväli ilmanvaihtokoneille. Aiemmillä aikakausilla ylittyi teoreettinen käyttöikä reilulla 20 vuodella. Osittain myynti-ilmoitusten keski-ikää voi nostaa painovoimaisten ilmanvaihtojärjestelmien osuus, joissa ei luonnollisesti tarvitse tehdä poistoilmakoneiden vaihtamista. Jos ilmanvaihtokone ei rikkoudu, sen hyötysuhteen laskemista voi olla vaikea havainnoida, joka selittää pitkittynyttä vaihtoa.

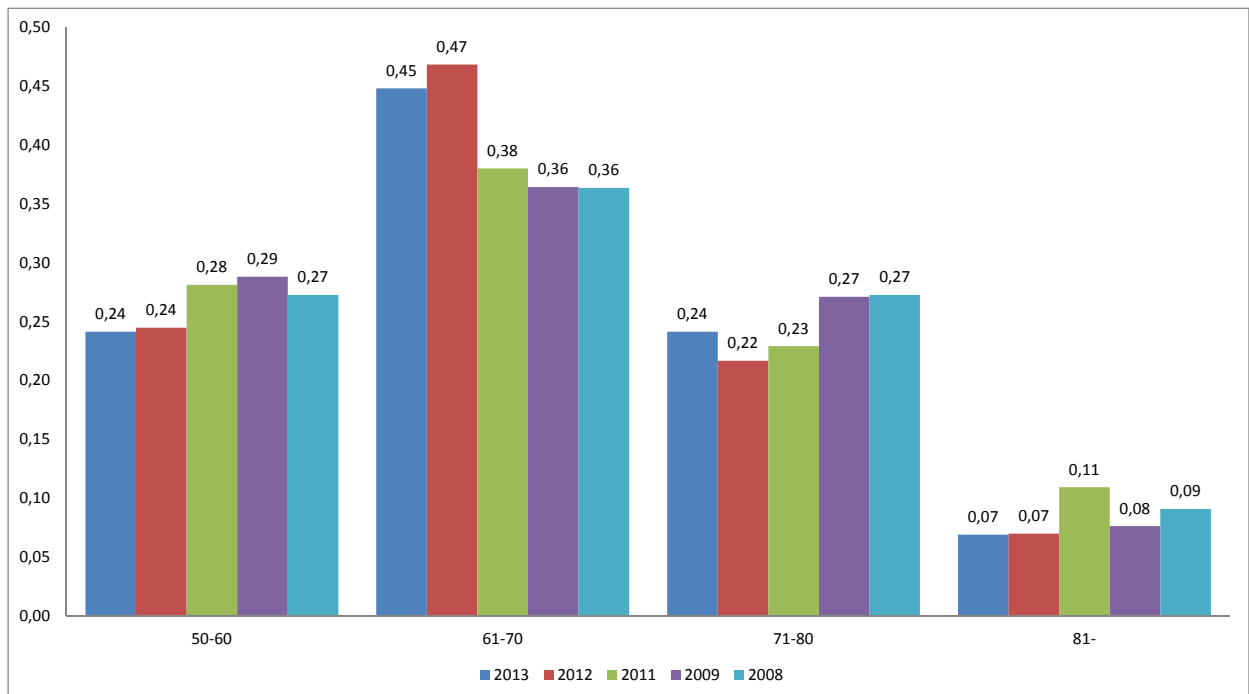
Myynti-ilmoituksista tutkittua tietoa voidaan hyödyntää huomion arvoisina tekijöinä korjausvelkaa mallinettaessa. Huomiotehtävät eri järjestelmissä antavat ohjaavaa tietoa taloyhtiölle ja kiinteistön ostajalle.

3.2 Kyselytutkimus putkisaneerausten kustannuksista

Isännöintiliitto tarjosi tähän työhön käytettäväksi putkisaneerauksiin liittyvän kyselytutkimuksien vastauksia. Isännöintiliitto on tehnyt kyselytutkimustaan vuodesta 2008 lähtien ja tähän työhön saatiin käyttöön vuosien 2008, 2009, 2011, 2012 ja 2013 vastaukset. Kyselyssä ei ole eroteltuna erikseen asuinkerrostaloja muista isännöinnin alla olevista kohteista, kuten pari- ja rivitalot. Tilastokeskuksen mukaan keskimääräinen kerrospinta-ala asuinkerrostalolle on $1605m^2$, omakotitalolle $140m^2$ ja rivitalolle $426m^2$ (tilasto, 2014). Vuoden 2013 kyselyssä 19 vastausta liittyi alle $1000m^2$:n kiinteistöihin, joista yläpäässä on edelleen asuinkerrostaloja, joten nämäkin otetaan mukaan tutkittavaksi. 105 vastausta oli yli $1000m^2$:n kokoisista kiinteistöistä, joten asuinkerrostalot olivat eniten edustettuina.

Kyselyn tulokset jaotellaan asuinkerrostalon rakentamisvuoden perusteella, jotta niitä voidaan soveltaa tähän työhön. Tarkastellaan onko nähtävissä muutoksia kyselyvuodesta toiseen käytettyjen menetelmien välillä ja pyritään luomaan yleistys siitä, paljonko moderni putkisaneeraus maksaa. Kyselytutkimuksessa oli mukana asuinkerrostalojen isännöitsijät eri puolilta Suomea, ei vain pääkaupunkiseudulta. Ensin jaoin kyselytutkimuksen tulokset vuosikymmenittäin rakennusaikakauden perusteella, jotta ne vastaisivat tässä työssä aiemmin määriteltäviä aikakausia paremmin. Vuosikymmeniä olivat 51-60, 61-70, 71-80 ja lopuksi aikaväli vuodesta 1981 eteenpäin, johon ei sijoittunut montaa asuinker-

rostaloa. Ensin oli kiinnostavaa selvittää onko putkisaneerauksissa jonkinlainen trendi nähtävissä eri vuosikymmeninä. Yleisesti ollaan siinä käsityksessä, että 50-luvun asuinkerrostaloista suurin osa ollaan saneerattu ja nyt elementtirakentamisen aikakauden asuinkerrostalot 60-80 luvulta ovat tulossa peruskorjaukseen vesijärjestelmien osalta. Koska kyselyihin on vastannut eri vuosina eri määrä isännöitsijöitä, suhteutettiin ensin tietyn kyselyn vastanneiden vuosikymmenien asuinkerrostalojen lukumäärä kokonaismäärään. Näin saatiin prosenttilukuja joita voidaan verrata keskenään, tulos on esitetty kuvaajassa 3.1.



Kuva 3.1: Kyselytutkimuksen vuosikymmenen vastauksien määrä suhteessa kaikkien vuosikymmenien vastauksien summaan.

Nähdään selkeä ero vuosien 61-70 asuinkerrostaloissa, kun verrataan kyselyvuosia 2012 ja 2013 aiempiin. Muiden aikakausien osuus säilyy suhteellisen samassa. Tästä päätellen elementtikerrostaloaikakauden siirtyminen peruskorjaukseen on nähtävissä kyselyn perusteella tehdyissä putkisaneerauksissa.

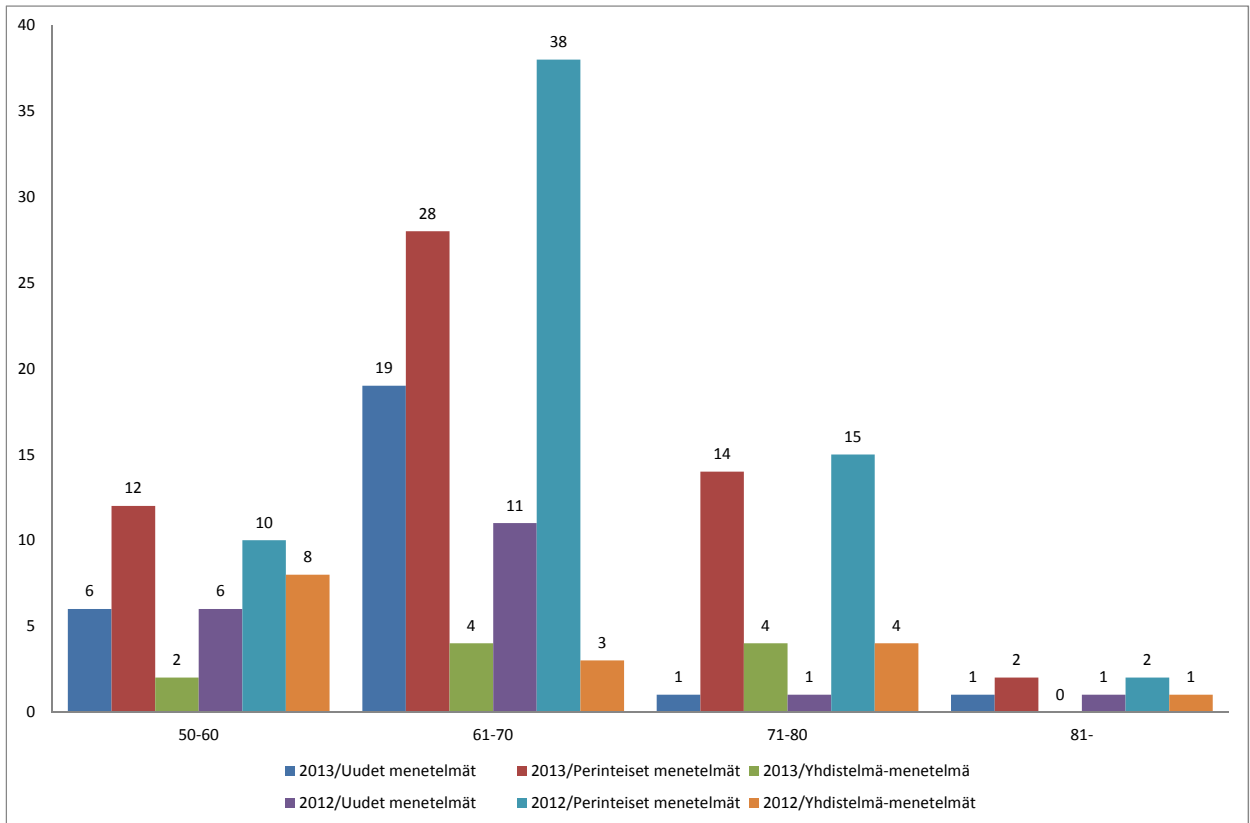
Valitettavasti vuosien 2008 ja 2009 kyselytutkimuksissa on esitetty toteutuneiden saneerausten kustannukset epätarkemmin kuin myöhempien vuosien kyselyissä. Niitä ei ole jaoteltu erikseen eri menetelmien perusteella. Tästä johtuen

on vaikea verrata saneerausten kustannuksissa tapahtuneita muutoksia vuodesta 2008 vuoteen 2013. Vuonna 2012 ja 2013 on kyselytutkimuksessa eriteltynä samalla tavalla toteutuneet kustannukset. Ne on jaoteltuna kolmeen luokkaan. Uusiin menetelmiin, kuten sukituksen, sujutukset ja pinnoitukset. Perinteisiin menetelmiin eli putkistojen vaihtaminen uusiin vanhoille tai uusille paikoille. Kolmantena luokkana on yhdistelmä-ratkaisu kahdesta edeltävästä ratkaisusta. Lisäksi vastauksia kustannuskysymykseen oli vaihtelevasti kohdistuneena eri rakennusvuosiin ja menetelmiin, jolloin on vaikea muodostaa yleistystä. Vuoden 2013 kyselytutkimuksessa tämän työn aikarajauksen sisällä kustannus-osuuteen kyselystä vastasi yhteensä 93 henkilöä ja vuoden 2012 kyselytutkimuksessa vastaava määrä oli 100 henkilöä. Ero ei ole suuri. Tulos on havainnollistettu kuvaajassa 3.2. Suurin yksittäinen ero on rakentamisvuosien 1961-1970 asuinkerrostalojen perinteisen menetelmän mukaisissa putkistosaneerauksissa. Niiden osuus vuoden 2012 kyselytutkimuksessa on 38 ja vuoden 2013 tutkimuksessa 28. Eli ero on 10 vastausta. Vuoden 2013 kyselyssä on uusien menetelmien osuus vuosien 1961-1970 asuinkerrostaloissa 8 suurempi kuin vuoden 2012 kyselyssä.

Kyselytutkimuksista pystyi vertaamaan onko saneerausvuosien kustannuksissa eroa, koska eräs kysymyksistä määritteli milloin edellinen saneeraus oli tehty. Vuoden 2013 vastauksien perusteella sillä oliko saneeraus suoritettu vuonna 2011, 2012 vai 2013, ei ollut vaikutusta saneerauksen kustannuksiin. Kustannuserot on esitettyinä kuvaajassa 3.3. Tämän perusteella voidaan yhdistää kyselyvuosien 2012 ja 2013 tulokset, jolloin saadaan isompi otanta josta laskea keskiarvoiset kustannukset eri saneerausmenetelmille.

Kyselytutkimuksen kustannusosuudessa on kysytty edellisen toteutuneet putkisaneerauksen kustannuksia, jolloin sama isännöitsijä on voinut vastata useamman menetelmän kohtaan kustannuksia, jos hänellä on niistä ollut tietoa. Tämä tarkoittaa sitä, että kyselyn muuta osuutta, jossa kysytään esimerkiksi käytettyjä menetelmiä talotekniikan eri osiin, ei voida suoraan verrata saman kysyjän antamaan arvioon kustannuksista. Toisaalta isännöitsijä on saattanut vastata saneeraustarjousten perusteella, jotka voivat vastata toteutuvia kustannuksia, mutta on kysymyksen tulkinnan rajoilla. 85% vastaajista oli vastannut vain yhden toteutuneet kustannukset. Joten käytetään tutkimustietoa tämän työn putkisaneerausten kustannusarvioiden kohdistamiseen tiettyyn aikakauteen.

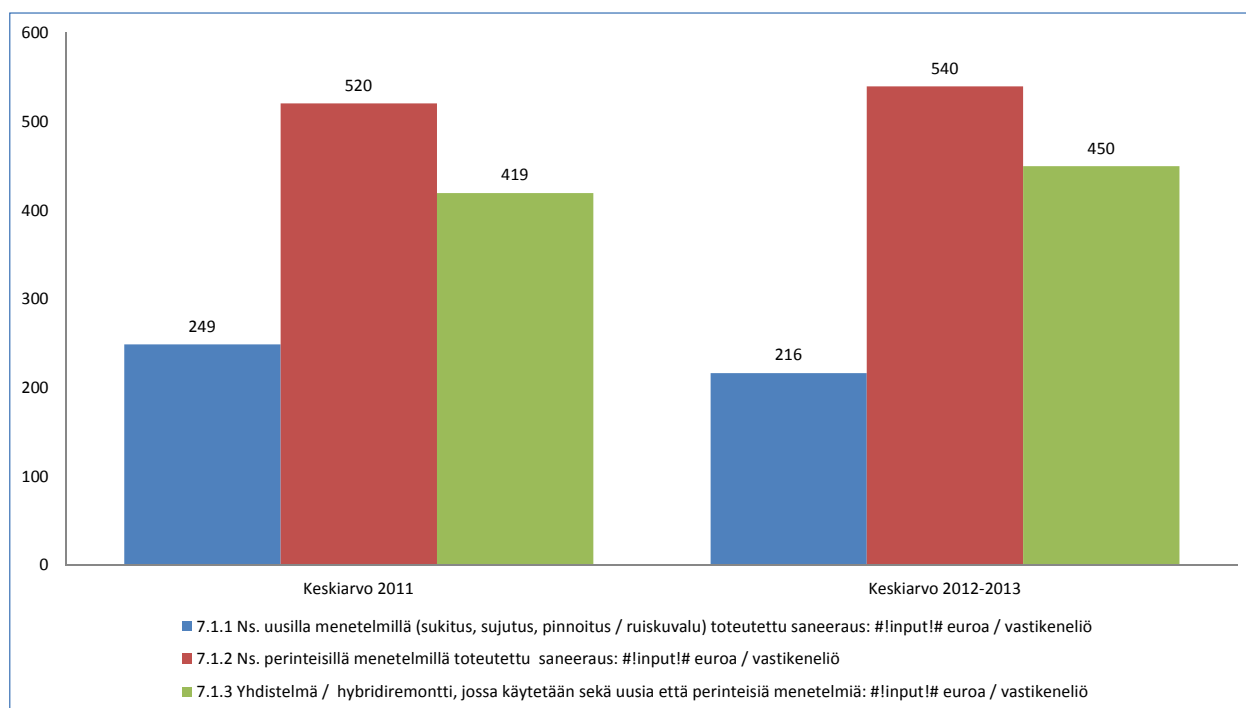
Osa toteutuneista kustannuksista oli suurempia kuin kirjallisuustutkimuksen perusteella olettaisi. Eräs yksittäinen vastaaja osoittaisi pelkän käyttövesijohtojen elementtiusimiselle uudella reitillä kustannukseksi 1123,5 €/asm². Joka on hyvin paljon kirjallisuustutkimusten aikana löydettyjä kustannusarvioita suurempi. Kyselyssä on kehoitettu vastaajaa jättämään putkisaneerausten kustannuksien arviosta pois sähköjärjestelmien kohdistuvat kustannukset. Vuoden 2012 tutkimuskyselyssä eräs isännöitsijä oli vastannut perinteisellä menetelmällä toteu-



Kuva 3.2: Vuosien 2012 ja 2013 kyselytutkimusten kustannusosuuteen vastanneet menetelmittäin ja rakennusvuosittain.

tetun saneerauksen kustannukseksi $5550\text{€}/\text{asm}^2$. Muut suurimmat arviot ovat tuhannen euron luokkaa. Ero on niin suuri, että tämä yksittäinen vastaus päätettiin jättää ottamatta mukaan keskiarvoja laskiessa. Kyseisessä kiinteistössä tehtiin kaikkien putkistojen uusinta jollain uudella menetelmällä, eli suuri kustannusarvio ei voinut liittyä uusimpaan kiinteistössä tehtyyn putkisaneeraukseen. Kyseessä voi olla jokin toinen isännöitsijän tietämä tapaus, joka kenties erikoisen luonteen vuoksi on voinut olla niin kallis. Tämä työ pyrkii yleistämään kustannusarvioita rakentamisvuoden perusteella.

Kuvaajassa 3.4 on yhdistetty vuosien 2012 ja 2013 kyselytutkimuksien kustannusosuus. Niille on laskettu keskiarvoiset kustannukset jokaiselle vuosikymmenelle asuinkerrostalon rakentamisvuoden mukaan. Kustannustiedot kyselytutkimuksista on esitetty taulukossa 3.2. Kaikkien vastaajien kustannusarviot eivät

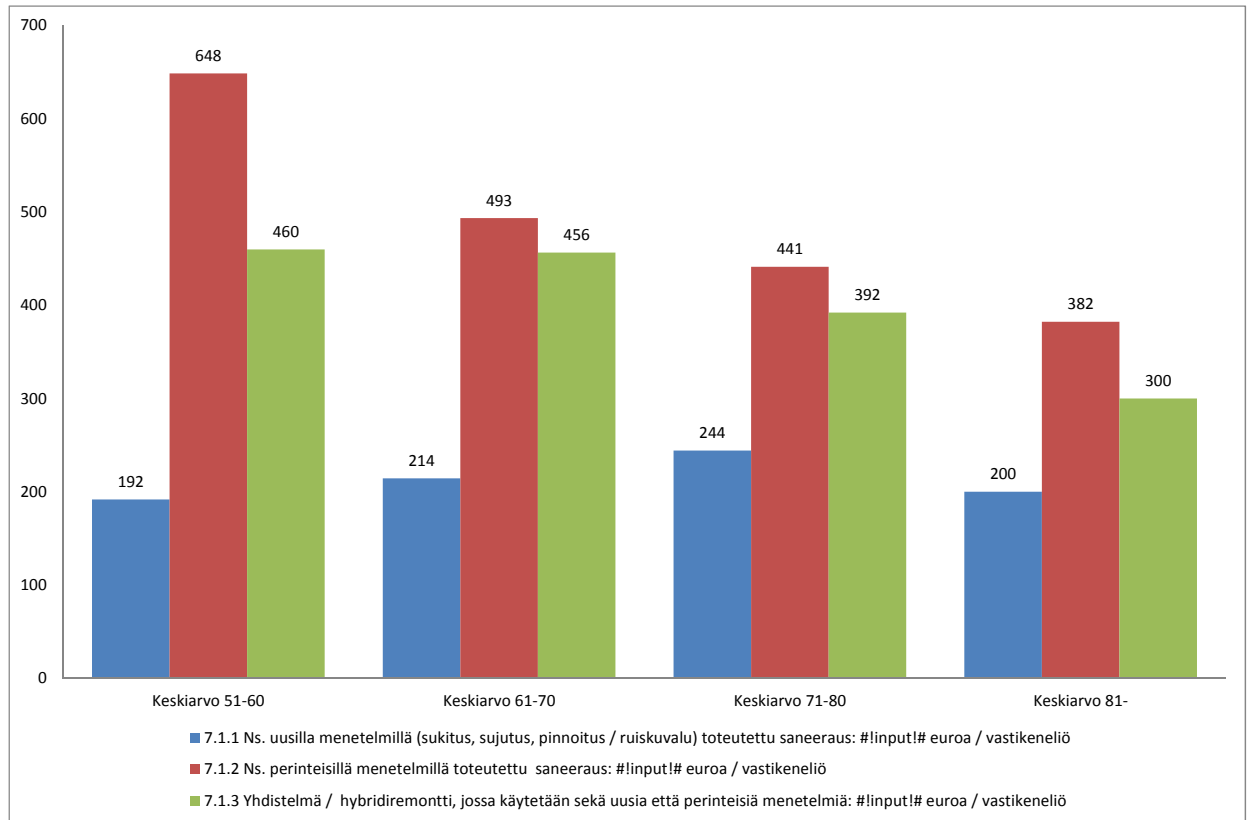


Kuva 3.3: Vuoden 2013 kyselytutkimuksen saneerausten keskimääräinen kustannus saneerausvuoden mukaan.

välttämättä liitty juuri siihen kiinteistöön, jonka ikä on mainittu.

Aiemmin kirjallisen tutkimuksen yhteydessä löydettyt kustannukset putkistosaneerauksille eivät olleet sidoittuina tiettyyn rakentamisaikakauteen. Tarkennetaan kirjallisuustutkimuksen arvoja laskemalla jokaiselle erikseen keskiarvo kyselytutkimuksen tietoon yhdistettynä. Näin saadaan laskettua uudet putkisanerauskustannusten keskiarvot eri aikakausien asuinkerrostaloille eri menetelmillä. Tämä laskenta ja sen tulokset on esitetty taulukossa 3.3. Johtuen kyselytutkimuksen aikaväleistä, ylittyy tämän työn aikakausimääritelmän mukaisesti betonielementtirakentamisen kausi viidellä vuodella. Eli lasketaan keskiarvo aikakaudelle 1961-1975 käyttäen dataa aikaväliltä 1961-1980.

Kirjallisuuslähteistä löydetty keskiarvoinen kustannus yleiselle putkisaneraukselle oli perinteisillä menetelmillä 435 €/asm² ja uusilla menetelmillä 168 €/asm². Tämän avulla lasketaan kullekin aikakaudelle oma arvio kustannuksista käyt-



Kuva 3.4: Vuosien 2012 ja 2013 kyselytutkimusten menetelmien keskimääräiset kustannukset rakentamisvuosittain.

Taulukko 3.2: Isännöintiliiton vuosien 2012 ja 2013 kyselytutkimusten kustannustiedot.

| Kustannus [€/asm ²] | Aikaväli | | |
|---------------------------------|----------|-------|-----|
| | 50-60 | 61-80 | 81- |
| Perinteinen menetelmä | 542 | 451 | 409 |
| Uudet menetelmät | 180 | 199 | 184 |
| Yhdistelmä menetelmä | 460 | 424 | 300 |
| Keskiarvo kaikista | 394 | 358 | 298 |

täen kirjallisuuden ja kyselytutkimuksen keskiarvoa.

Taulukko 3.3: Isännöintiliiton kyselytutkimusten keskiarvot yhdistettynä kirjallisuustutkimuksen keskiarvoihin.

| Hinta [€/asm ²] | 50-60 | Aikaväli 61-80 | 81- |
|-----------------------------|-------|-------------------|-----|
| Tutkimuskysely | | | |
| Perinteinen menetelmä | 542 | 451 | 409 |
| Uudet menetelmät | 180 | 199 | 184 |
| Yhdistelmä menetelmä | 460 | 424 | 300 |
| Keskiarvo kaikista | 394 | 358 | 298 |
| Kirjallisuus | | | |
| Perinteinen menetelmä | 435 | 435 | 435 |
| Uudet menetelmät | 168 | 168 | 168 |
| Yhdistetty keskiarvo | | | |
| Perinteinen menetelmä | 489 | 443 | 422 |
| Uudet menetelmät | 174 | 184 | 176 |

Nähdään, että rakentamisaikakausi vaikuttaa putkisanerauksen neliökustannuksiin. Perinteisellä menetelmällä toteutetussa putkisanerauksessa on kustannuksissa selkeä laskeva trendi, kun siirrytään uudempiin asuinkerrostaloihin. Mielenkiintoisesti uudet menetelmät eivät noudata samaa suuntausta. Tämä luultavasti johtuu siitä, että perinteisessä menetelmässä joudutaan tekemään muutoksia asuinkerrostalon rakenteeseen tai sitä joudutaan aukaisemaan ja eri aikakausilla on käytetty erilaisia ratkaisuja. Tämä näkyy rakennuskustannusten osuuden muuttumisena, jolloin putkisanerausten kustannuksissa on eroja, vaikka putkisto-osuuteen kohdistuvan työn kustannukset olisivat samat. Kyselytutkimuksessa pyydettiin jättämään pois sähkötyöiden kustannukset putkisanerauksen kustannuksia arvioitaessa, joten sähkötyöt eivät voi olla syynä tähän trendiin.

Todellisissa linjasanerauksissa jotka perustuvat kohteessa tehtyihin kuntotutkimuksiin, todennäköisesti käytetyin menetelmä on yhdistelmä perinteisiä ja uusia. Tällöin pystytään rajoittamaan kuluja. Hyödynnetään uusia tekniikoita mahdollisuuksien mukaan ja tehdään laajamittaiset uusimiset vain tarvittavissa kohdissa.

Kyselytutkimuksen perusteella voidaan erikseen tutkia, onko putkisanerauksessa käytetyissä menetelmissä tapahtunut muutoksia vuosien 2009, 2012 ja 2013 kyselyiden välillä. Samalla voidaan verrata vaikuttaako asuinkerrostalon rakentamisvuosi siihen, mitä menetelmää käytetään. Vertailukuvaajat ovat niin suuria, että ne sijoitettiin työn loppuun liitteeksi A. Kuvaajissa A.2, A.3 ja A.4 on erikseen jaoteltuna talon sisäpuolisiin viemäriin, pohjaviemäriin ja tontti-

viemäreihin kohdistuvat saneerausmenetelmät vuosien 2009, 2012 ja 2013 kyselytuloksista.

1950-luvun kuvaajasta A.1 nähdään, että vuosien 2012 ja 2013 kyselyiden tulokset ovat miltei samat. Yleisesti voidaan todeta vuoden 2013 kyselyssä ei korjattujen osuuden olevan keskimäärin suurempi kuin vuoden 2012 kyselyssä, mutta suhteet ovat muutamien prosenttiyksiköiden tarkkuudella samat eri menetelmissä. Sen sijaan vuoden 2009 kyselystä siirryttäessä vuoden 2012 kyselyyn nähdään selviä muutoksia. Talon sisäpuolisiin viemäreihin kohdistuvissa menetelmissä vanhalle reitille uusitut valurautaputket laskevat yleisyydessä, samoin kuin uusinta vanhoille reiteille muoviputkilla. Pinnoitusta ja sujuttamista ei käytetty 2009 vuoden kyselyn mukaan ollenkaan. Myöhempinä vuosina se pinnoitusmenetelmä kattaa noin neljäsosan käytetyistä menetelmistä, kun taas sujuttamista on vain muutama prosenttiyksikkö 2013 luvun kyselyssä. Vuonna 2013 vanhoille reiteille uusitut valurautaputket nousevat kolmasosaan kaikista menetelmistä, mutta muoviputket putoavat vielä hieman vuodesta 2012.

Yleinen käsitys korjausrakentamisesta on se, että muoviputkien käyttö ja sujuttaminen korjausmenetelmänä ovat nousemassa suosiossa. Kyselytutkimuksen tulokset eivät vahvista tätä. Uudet epoksoidut valurautaputket vaikuttavat suositummilta ja muut pinnoittavat menetelmät ovat suositumpia kuin sujuttaminen.

1950-luvun asuinkerrostaloissa käytettiin pohjaviemäreissä sujuttamista. Sen yleisyys kasvoi 2009 vuoden kyselystä 2012 vuoden kyselyyn, samalla laski uusien muoviputkien vanhoille reiteille asentamisen yleisyys. Pohjaviemärin uusimisen valurautaputkilla vanhan viemärin paikalle yleisyys pysyi samana. Edelliset kolme menetelmää olivat selkeästi yleisimmät, vastaten yhteensä noin kolmea neljäsosaa kaikista menetelmistä. Tonttiviemärit muistuttavat jakaumaltaan paljon pohjaviemäreitä. Poikkeuksena ei korjattujen pohjaviemärien osuus on noin neljäsosa. Joka on yllättävän paljon, kun on kyse vähintään 50 vuotta vanhoista viemäriputkista. Siirryttäessä vuoden 2009 kyselystä vuoden 2012 kyselyyn, sujuttamisen ja valurautaputkilla uusimisen vanhoille paikoille osuus kasvaa ja muoviputkilla uusimisen vanhoille paikoille osuus laskee.

Eri rakentamisaikojen välillä on nähtävissä selkeä ero käytetyissä saneerausmenetelmissä jota on havainnointu kuvaajissa A.2, A.3 ja A.4. Siinä missä 50-luvulla rakennetuissa asuinkerrostaloissa valurautojen käyttäminen uusimisessa oli yksi yleisimmistä menetelmistä, se katoaa häviävän pieneksi osaksi myöhempien rakentamisaikojen asuinkerrostaloissa. Sen osuuden ottaa muoviputkien käyttäminen vanhoilla reiteillä. Tämä voi johtua siitä, että vanhemmissa asuinkerrostaloissa koetaan vanhojen valurautaviemärien korvaaminen uusilla valurautaviemäreillä luonnollisempänä kuin muuttaminen muoviseen. Vanhat reitit voivat jopa auttaa tässä. Uudemmissa asuinkerrostaloissa rakenteet ovat erilaisia ja on

soveltuvampaa käyttää muoviputkia.

Sujuttamisen osuus tuntuu olevan yhtä vähäinen talon sisäpuolisissa viemäreissä riippumatta asuinkerrostalon rakentamisvuodesta. Rakentamisaikakaudella ei vaikuta olevan suurta merkitystä käytettyihin menetelmiin, poislukien valuraudan vaihtuminen muoviin. Luonnollisesti myöhemmän rakentamisvuoden myötä ei korjattujen viemärien osuus kasvaa.

3.3 Korjausvelkamalli

Tässä osassa käsitellään ensin kuinka korjausvelkamalli tehtiin laskentataulukko-ohjelmaan. Toisessa vertaillaan esimerkkilaskujen perusteella tämän työn korjausvelkamallin tuloksia muihin vastaavien tutkimusten arvioihin. Kolmannessa osassa käytetään korjausvelkamallia antamaan ohjaavaa tietoa kahdelle kohteelle.

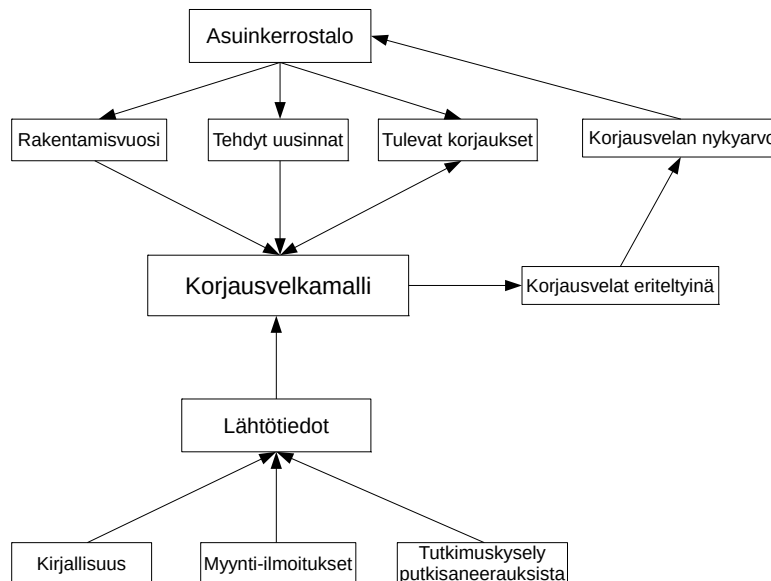
3.3.1 Korjausvelkamallin perusteet

Korjausvelkamalli päätettiin tehdä laskentataulukko-ohjelmalla. LibreOffice Calc tarjoaa yksinkertaisen tavan jäsenellä kirjallisuustutkimuksessa ja muualta saatua tietoa ja tehdä sen perusteella suoraan laskutoimituksia. Makrojen avulla saatiin tehostettua korjausvelkamallin toiminnallisuutta. Korjausvelkamallin toimintaperiaate ja tiedon kulkusuunnat on esitetty kuvassa 3.5.

Kirjallisuustutkimuksesta löydetty tieto ja aiemmin tässä luvussa selvinneet tarkennukset siirrettiin tietokantataulukoksi. Toiseen taulukkoon tehtiin korjausvelkamallille pohja. Sillä kohdistetaan rakentamisvuoden perusteella asuinkerrostalolle talotekniset järjestelmät ja rakenteelliset ratkaisut tietokantataulukosta.

Korjausvelkamallille annetaan syötteenä asuinkerrostalon rakentamisvuosi, käytetyt ratkaisut talotekniikassa ja rakenteissa, toteutuneet uusinnat ja niiden toteutusvuodet, sekä haluttu korjausmenetelmä tulevalle korjaukselle. Näiden tietojen avulla malli laskee asuinkerrostalon osan nykyisen iän, tulevan korjausajan ja korjausvelan. Mallin tuloksena on asuinkerrostalon osien korjausvelkojen nykyarvojen summa, joka vastaa perusparannustarvetta kyseiselle asuinkerrostalolle.

Tämän työn mallin etuna voidaan pitää erottelukykä korjausvelan muodostumisesta eri osille. Tämän avulla saadaan halutessa yleistäviä arvioita käyttämällä keskiarvoisia korjausmenetelmiä ja olettamalla, että ei ole tietoa tehdyistä korjauksista.



Kuva 3.5: Korjausvelkamallin toimintaperiaate.

Toisaalta saadaan yksilökohtaisempia arvioita tietystä kohteesta. Voidaan syöttää tiedot uusivista korjauksista ja malli tarkentaa korjausajat kyseisille osille. Lisäksi mallissa voidaan valita osille korjausmenetelmät.

Menetelmien kustannukset ja käyttöiän lisääntymiset vaihtelevat. Näiden tarkennusten ansiosta tämän työn mallilla voidaan arvioida tietyn asuinkerrostalon korjausvelkaa. Mallin tulos on ohjaavaa tietoa yksilötapauksille tai yleisesti korjausvelasta kyseisen aikakauden asuinkerrostaloille.

Korjausvelkamallin tarkempi kuvaus

Korjausvelkamallin rakentaminen aloitettiin sijoittamalla kirjallisuustutkimuksessa selvinneet tyyppitalot laskentataulukkoon. Kolmelle aikataudelle luotiin omat taulukot ja niihin jaoteltiin taloteknisten järjestelmien, rakenteellisten ratkaisujen ja niiden käyttöiät ja korjauskustannukset. Tietokantataulukossa on lisäksi kirjallisuudesta selvinneet aikakausien tyypilliset ongelmat asuinkerrostalon osissa ja huomioitavat seikat, joita tarkennettiin tutkimalla myynti-ilmoituksia. Näiden tarkkaa vaikutusta korjausvelkaan ei tämän työn puitteissa selvitetty.

Jos tiedettiin tietylle asuinkerrostalon osalle useampia korjausmenetelmiä, jaoteltiin niiden kustannukset ja käyttöiän lisääntymisen. Kuvista 3.6 ja 3.7 näkee käytetyn jaottelun ja kuinka korjausmenetelmiä on eroteltu eri osille.

| Aikakausi 1950-1959 | | | Ongelmat 1 | Ongelmat 2 | Ongelmat 3 |
|---------------------|--------------------------|-----------------------------------|--|--------------------|------------|
| Kokonaisuus | Osa | Ratkaisu | | | |
| Vesi ja viemäri | Kylmävesijohto | Sinkitty teräs | Sinkkikato | | |
| | Kuumavesijohto | Kupari | Messinkijuotokset | Asbesti eristeessä | |
| | Viemäri | Muhvillinen suomugrafi | Syöpyminen | | |
| | Putkisaneeraus | Keskiarvo putkisaneera | Ei vastaa putkien uusimista | | |
| Lämmitys | Lämmitysjärjestelmä | Vesikiertoinen Painovoimainen | | | |
| | Lämmöntuotanto | Jakokeskus Lämmönsiirrin | Käytetään yli taloudellisen käyttöään | | |
| | Pumppu | Keskiarvo lämmityspumppu | | | |
| | Lämmitysverkoston verkko | Keskiarvo venttiilit | | | |
| | Lattialämmitys | Kupariputki kiinni lämpi | Ulkopuolinen korroosio | | |
| | Lämmitysputkisto | Takorauta Teräsputki Kupari | Asbestia eristeessä Ohut seinämäpaksuus, Kosteusrasitteet | | |
| | Patterit | Teräslevy | Happi- ja rautapitoisuus | | |

Kuva 3.6: Osa 1950-luvun tietokantataulukosta

Seuraavaksi tehtiin mallipohja taulukkoon, jonka perusteella korjausvelka lasketaan. Malli jaoteltiin tietokantataulukon tavalla eri talotekniset järjestelmät ja rakenteelliset osat. Tämä mahdollistaa makrojen käyttämisen tiedon haentaan.

Malliin syötetään asuinkerrostalon rakentamivuosi, jonka jälkeen makrolla haetaan kyseisen aikakauden tyyppitalon tiedot taulukoista. Tietojen haennan jälkeen mallissa voidaan valita mikä ratkaisu on käytössä tietyssä osassa asuinkerrostaloa. Valittavien ratkaisujen lukumäärä riippuu rakentamivuodesta.

Asuinkerrostalossa tehdyt osien uusimiset pystytään ottamaan huomioon korjausvelkamallissa. Antamalla tehdyn uusinnan aika, korjausvelkamalli lisää siihen osan teknisen käyttöiän ja antaa uuden toteutusajan seuraavalle korjaukselle kaavalla (3.1).

$$\text{korjausvuosi} = t_0 + t_k \quad (3.1)$$

jossa t_0 on rakennusvuosi tai osalle tehty viimeisin korjaus ja t_k on osa tekninen käyttöikä.

Oletetaan, että korjauksia tai uusintoja ei ole tehty, jos mitään ei ole ilmoitettu-

| Käyttöikä | Korjaus/uusinta | Kustannus [€/asm ²] | Käyttöikä Käyttöiän lisäys | Lisäys | Huomioita |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------------------|
| | 37 Uusinta Vesijohdot moc | | 54 Uusinta | | 50 Käytännössä ei korjata |
| | 45 Uusinta Vesijohdot moc | | 54 Uusinta | | 50 Käytännössä ei korjata |
| | 47 Uusinta Viemäri | | 161 Uusinta | | 50 |
| | 43 Perinteiset menetelmät | | 489 Perinteiset menetelmät | | 50 |
| | Uudet menetelmät | | 174 Uudet menetelmät | | 15 |
| | 46 Lämmitysjärjestelmän u | | 148 Uusinta | | 46 Täysi uusinta <1955 |
| | Ei toimenpiteitä painovoimainen | | | | |
| | Jakokeskuksen uusinta | | 26 Uusinta | | |
| | 20 Lämmönsiirtimen uusint | | 8,2 Lämmönsiirtimen uusint | | 20 Ei korjata, 40 vuotta käytössä |
| | 23 Pumpun uusinta | | 0,23 Uusinta | | 23 Ei korjata |
| | 23 | | | | 23 Ei korjata, tasapainotus samalla |
| | Lämmönsäätö | | 4 Lämmönsäätö | | 23 |
| | Patteriventtiilit | | 9 Uusinta | | 23 |
| | Patteri ja linjasäätövent | | 8 Uusinta | | 23 |
| | Lämmönsäätö, patteri- j | | 9 Uusinta | | 23 |
| | 30 Perinteinen korjaus | | 18 Uusinta | | 50 |
| | Pinnoite korjaus | | 23 Uusinta | | 50 |
| | Keskiaivo lattialämmity: | | 20,5 Uusinta | | 50 |
| | 50 Lämmitysputkien uusint | | 21 Uusinta moderniksi | | 100 |
| | 50 Lämmitysputkien uusint | | 21 Uusinta moderniksi | | 100 Putken osuus 2€/asm ² |
| | Lämmitysputkien uusint | | 21 Uusinta moderniksi | | 100 |
| | 100 Patterien uusinta modei | | 6,6 Uusinta moderniksi | | 100 Uusiminen moderniin |

Kuva 3.7: Osa 1950-luvun tietokantataulukosta

na. Korjausaika lasketaan suoraan lisäämällä rakentamisvuoteen osan tekninen käyttöikä. Kuvissa 3.8 ja 3.9 on esitetty osa mallipohjasta. On mahdollista, että vanhemmissa asuinkerrostaloissa tämä tarkoittaa teknisten käyttöikäen ylittymistä. Tällöin niiden korjausajaksi tulee nykyhetki.

Tämän työn korjausvelkamalli ottaa huomioon vain kiinteistössä tehty uusivat korjaukset, joilla on saavutettu merkittävä parannus. Pienempiä tehtyjä korjauksia ei oteta huomioon, koska niillä saavutetaan hetkellinen peruskorjaustarpeen viivyttäminen ja lopulta täytyy tehdä uusiva korjaus. Korjausvelkamallia voitaisiin kehittää tarkemmaksi ja jaotella tehdyissä korjauksissa erilaiset uusivat menetelmät, korjausmenetelmät ja kuinka paljon niillä lisääntyy osien käyttöikä. Tulevissa korjauksissa joiden mukaan korjausvelka määrittyy, on tarkempi jaottelu käytössä.

Korjausvelkamalli näyttää osien tekniset käyttöiät ja iän kyseisessä asuinkerrostalossa. Tästä näkee kuinka paljon osan tekninen ikä on ylitetty.

Kun kaikkiin asuinkerrostalon osiin on valittu jokin ratkaisu, toinen makro haakee soveltuvat korjausmenetelmät kyseisen aikakauden taulukosta. Kaikissa va-

| | | | |
|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Nykyhetki | 2014 | Laskentakorko | 0,01 |
| Rakentamisvuosi | 1964 | | |
| As. Oy:n nimi | Testitapaus 2 | | |
| | | | |
| Vesi ja viemäri | Ratkaisu | Tehdyt toimenpiteet | Toimenpiteen vuosi |
| Kylmävesijohto | Sinkitty Teräs | Uusittu | 2010 |
| Kuumavesijohto | Kupari | Uusittu | 2010 |
| Viemäri | Muhvion valurauta pallogriffittia | Uusittu | 2007 |
| Putkisaneeraus | Keskiairvo putkisaneeraus | Ei tietoa | 50 |
| | | | |
| Lämmitys | | | |
| Lämmitysjärjestelmä | Vesikiertoinen | Ei tietoa | 50 |
| Lämmöntuotanto | Lämmönsiirrin | Uusittu | 1992 |
| Pumppu | Keskiairvo lämmityspumppu | Uusittu | 1992 |
| Lämmitysverkosto | Keskiairvo venttiilit | Uusittu | 1999 |
| Lattialämmitys | Kupariputki kiinni lämpimän käyttövi | Ei tietoa | 50 |
| Lämmitysputkisto | Teräs | Ei tietoa | 50 |
| Patterit | Liitepatterit | Ei tietoa | 50 |
| | | | |
| | | Osan ikä käyttöikä | 37 |
| | | Teoreettinen | 45 |
| | | Tulevan huollon/uusinnan aika | 2047 |
| | | | 2055 |
| | | | 2045 |
| | | | 2014 |
| | | | 2014 |
| | | | 2015 |
| | | | 2022 |
| | | | 2014 |
| | | | 2014 |
| | | | 2064 |

Kuva 3.8: Osa mallipohjasta

| Tehtävä toimenpide | Kustannus | Käyttöiän lisäys | Nykyarvo kustannukselle | Huomoitavat seikat |
|------------------------------|-----------|------------------|-------------------------|---|
| Uusinta Vesijohdot moderniks | 54 | 50 | 38,89 | Vuotoriski kasvaa elinkaaren loppua kohti |
| Uusinta Vesijohdot moderniks | 54 | 50 | 35,91 | Vuotoriski kasvaa elinkaaren loppua kohti |
| Uusinta Viemäri | 161 | 50 | 118,27 | Vuotoriski kasvaa elinkaaren loppua kohti |
| | 0 | 0 | 0 | Vuotoriski kasvaa elinkaaren loppua kohti |
| | | | | |
| Lämmönsiirtimen uusinta | 8,2 | 20 | 8,2 | Ei korjata, voi kestää 40 vuotta alennetunna hyötysuhteella |
| Pumpun uusinta | 0,23 | 23 | 0,23 | |
| Patteriventtiilit | 9 | 23 | 8,31 | Ei korjata, tasapainotus samalla kustannustehokasta, patteriventtiilit voi kestää alennetulla toiminnallisuudella 40 vuotta |
| | 0 | 0 | 0 | |
| Lämmitysputkien uusinta moc | 21 | 50 | 21 | Uusiminen moderniin |
| Patterien uusinta moderniksi | 6,6 | 100 | 4,01 | Uusiminen moderniin |

Kuva 3.9: Osa mallipohjasta

linnoissa käytetään pudotuslistaa. Käyttäjää estetään kirjoittamasta vapaamuotoisia vastauksia. Tämä auttaa makrojen toimintaa ja tekee tarkastelusta yhdenmukaista.

Asuinkerrostalon osalle valitaan haluttu korjausmenetelmä, jonka avulla malli hakee menetelmän kustannuksen ja käyttöiän lisäyksen. Korjausvelan laskenta on suora haku tietokantataulukosta.

Tulevien korjaustoimenpiteiden kustannukset ovat kirjallisuudesta löydettyjä kustannusarvioita, jotka perustuvat lähinnä nykyaikaisilla menetelmillä toteutuneisiin korjauksiin. Useimmissa tapauksissa ei kirjallisuuden perusteella löytynyt vaikutusta kohteen rakentamisvuodella korjauskustannuksiin. Osa korjausmenetelmien kustannuksista on tästä johtuen samoja eri vuosikymmenien kerrostaloille. Tämä toteutuu etenkin yleistävissä arvioissa julkisivujen korjauksista, joiden kustannusarvio perustuu keskiarvoon useasta lähteestä. Laajemmalla kirjallisuustutkimuksella oltaisiin saatettu löytää lähteitä, joilla tarkentaa julkisi-

vusaneerausten kustannuksia tietyille aikakausille ja menetelmille.

Jokaiselle aikakaudelle saatiin eriteltyä arvio putkisaneerausten kustannuksista. Toinen aikakausien välille eroa aiheuttava tekijä on korjausaika, kun lasketaan korjausvelan nykyarvoa. Muita eroja aiheuttaa käyttäjän tekemät päätökset korjausten suhteen. Eroja ei ole, kun tehdään yleistäviä arvioita koko aikakauden asuinkerrostalojen korjausvelasta. Kun tehdään tietyn kiinteistön korjausvelan arviota, eroja tulee herkemmin, koska tiedetään enemmän toteutuneita korjauksia. Tämän ansiosta malli antaa ohjaavaa tietoa joka erottaa kiinteistöjä toisistaan.

Mallia testatessa lasketaan korjausvelkaa sekä ilman nykyarvolaskelmaa että sen kanssa. Nykyarvotarkastelua tehdään usealla eri vuosikorolla. Nykyarvoa tarkastelemalla nähdään tarkentaako se mallin arviota.

3.3.2 Mallin testaus

Korjausvelkamallia verrattiin VTT:n asuinrakennusten perusparannustarpeita (AS-PE) arvioivan mallin tuloksiin. Tällä vertailulla pyritään toteamaan tämän työn korjausvelkamallinnus riittävän tarkaksi antamaan ohjaava tietoa yksittäisille kiinteistöille.

Tämän lisäksi laskettiin kahdelle kohteelle arvio korjausvelasta. Tämä toteutettiin hankkimalla asunto-osakeyhtiöiltä tiedot kerrostaloihin tehdyistä korjauksista ja sijoittamalla ne korjausvelkamalliin. Selvitetään antaako korjausvelkamalli hyödyllistä tietoa kohteiden omistajille tai sieltä asuntoa ostaville. Saadut tiedot korjaussuunnitelmista on esitetty liitteessä B, joka osoittaa vaihtelevuuden tietojen tarkkuudessa ja jäsentelyssä.

3.3.2.1 Korjausvelkamallin vertailu muihin tutkimuksiin

Korjausvelkamallin testausta varten laskettiin esimerkkitapaus jokaiselle vuosikymmenelle työn aikarajauksen sisällä. Näin helpotettiin vertailua VTT:n tutkimuksen kanssa (Lehtinen et al., 2005), jossa jaottelu on vuosikymmenittäin. Esimerkkitaloukset ovat puhtaasti teoreettisia ja perustuvat kirjallisuustutkimuksen tyyppitaloihin. Korjausmenetelmiksi esimerkkitapauksille valittiin korjausvelkamalliin mahdollisimman yleistävät toimenpiteet täysin uudistavilla vaihtoehdoilla. Valitut korjausmenetelmät eri osille on esitelty lyhyesti taulukossa 3.4.

Vesi- ja viemärijärjestelmissä valittiin perinteinen putkisaneeraus. Lämmitysjärjestelmä valittiin kokonaan uusittavaksi. Ilmanvaihto pidetään olemassaolevana, tehdään sille vain nuohous ja ilmanvaihtokoneen vaihto. Sähköjärjestelmät va-

littiin uusittavaksi moderniksi kaikilla aikakausilla. Runkoon ei tehdä toimenpiteitä, mutta julkisivuun tehdään purkaminen ja uusinta. Yläpohjaan tehdään lisälämmöneristys, koska se on tehokas tapa lisätä energiatehokkuutta. Välipohjaan ei tehdä toimenpiteitä, koska kirjallisuuden perusteella niihin tehtävät muutokset sisältyvät putkisaneerausten kustannuksiin. Vesikatto uusitaan energiatehokkaammaksi. Ikkunat uusitaan.

Taulukko 3.4: Korjausvelkamalliin valitut tehdyt korjaukset eri vuosikymmenien teoreettisiin tyyppitaloihin.

| Vuosikymmen | Osa | Korjausmenetelmä |
|-----------------|------------------------|----------------------------|
| Kaikki | Vesi- ja viemäri | Perinteinen putkisaneeraus |
| Kaikki | Lämmitysjärjestelmä | Uusinta |
| Kaikki | Ilmanvaihtojärjestelmä | Ei korjausta |
| Kaikki | Ilmanvaihtokanavat | Nuohous |
| Kaikki | Ilmanvaihtokone | Uusinta |
| Kaikki | Sähköjärjestelmät | Uusinta moderniksi |
| Kaikki | Julkisivu | Purkaminen ja uusinta |
| 50-,60-,70- | Yläpohja | Energiatehokkuuskorjaus |
| 50-,60-,70-,80- | Vesikatto | Energiatehokkuuskorjaus |
| 90- | Vesikatto | Korjaus |

50- ja 60-luvun asuinkerrostaloihin tehdään kaikki uusinnat kerralla, koska osien käyttöiät ovat niin lähellä elinkaarensa loppua. Uudemmissa asuinkerrostaloissa otetaan huomioon viemärien, lämmitysjärjestelmän, julkisivun ja ikkunoiden teoreettiset käyttöiät. Niissä osa korjauksista tehdään vasta tulevaisuudessa.

Sijoitetaan yläpohjaan tehtävä energiatehokkuuden lisäys julkisivusaneerauksen yhteyteen. Oletetaan 1980-luvulta eteenpäin yläpohjien olevan riittävän energiatehokkaita, jotta niitä ei haluta uusittavan julkisivusaneerauksen yhteydessä. Tämä alentaa uudempien asuinkerrostalojen korjausvelan määrää.

Koska osa korjauksista sijoittuu tulevaisuuteen, otettiin tarkasteltavaksi korjausvelan nykyarvo. Nykyarvo lasketaan kaavalla (3.2).

$$K_0 = \frac{K_t}{(1+i)^t} \quad (3.2)$$

jossa K_0 on osan korjausvelan nykyarvo, i on käytetty vuosikorko ja t on erotus korjausajan ja nykyhetken välillä vuosissa ja K_t on korjausvelan määrä korjaushetkellä. Nykyarvon vaikutusta tarkasteltiin käyttämällä vuosikorkoa 0.01, 0.05 ja 0.1. Korkotekijänä on tässä työssä käytetty nimelliskorkoa ja inflaation vaikutus on jätetty huomioimatta. Mallia voisi kehittää ottamaan huomioon re-

aalikoron, jossa yhdistyy nimelliskorko ja inflaatiotekijä. Käyttäjän tulisi pystyä vaihtamaan reaalikorkoa ja nähdä suoraan sen vaikutus korjausvelkaan.

Lantto suoritti diplomityössään herkkyystarkastelun reaalikoron ja energian hinnan vaikutuksesta korjausten taloudellisuuteen. Hänen tarkasteltavat reaalikorkonsa olivat 0.02, 0.03 ja 0.05. Lanton mukaan herkkyystarkastelu osoitti korjauskustannuksien kannattavuuden riippuvan energian hinnasta ja korkotasosta. Riippuvuus vaihteli osasta toiseen. (Lantto, 2011)

Kuvaajassa 3.10 on esitetty rinnakkain diplomityön mallilla laskettu asuinkerrostalon korjausvelan summa suhteessa sen rakentamisvuoteen, saman korjausvelan nykyarvo eri vuosikoroilla ja VTT:n tutkimuksen tulokset jotka on tarkemmin esitetty taulukossa 3.5.

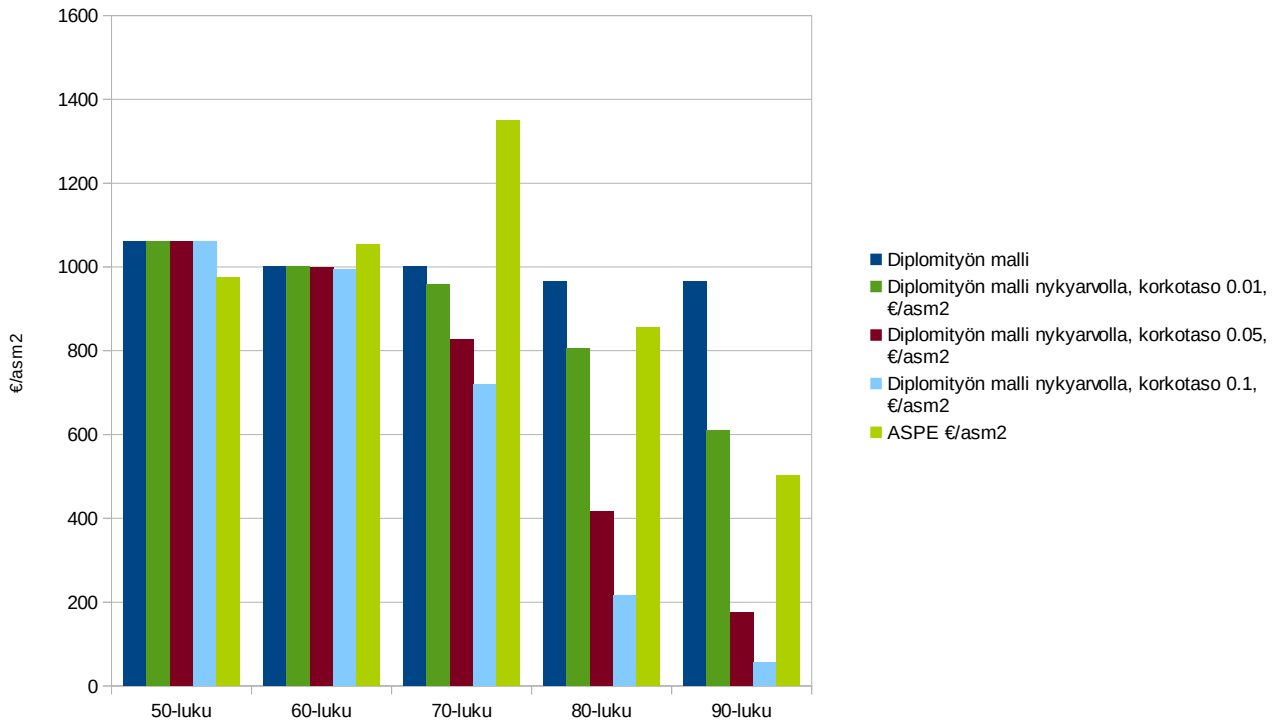
Taulukko 3.5: Asuinkerrostalojen korjauskustannukset yhteensä aikavälillä 2016-2025 (Lehtinen et al., 2005). Korostetut keskiarvot on lisättyjä.

| Talotyyppi | Korjauskustannukset |
|----------------------------|---------------------|
| -1945 kivi | 305.2 |
| 46-60 kivi | 976.2 |
| 61-70 betonilamelli matala | 1118.7 |
| 61-70 betonilamelli korkea | 987.0 |
| 61-70 keskiarvo | 1053 |
| 71-80 betonilamelli matala | 1614.8 |
| 71-80 betonilamelli korkea | 1085.7 |
| 71-80 keskiarvo | 1350 |
| 81-90 kaikki | 854.7 |
| 1991- kaikki | 501.4 |

Taulukossa 3.6 on esitetty tarkemmat arvot eri vuosikymmeniltä. Diplomityön korjausvelkamallista on käytetty nykyarvoja vuosikorolla 0.01.

Taulukko 3.6: VTT:n tutkimuksen (Lehtinen et al., 2005) perusparannustarpeen arvio verrattuna tämän työn korjausvelkamallin arvioon.

| Aikakausi | Korjausvelka [$\text{€}/\text{asm}^2$] | |
|-----------|--|------------|
| | ASPE | Diplomityö |
| 1950-luku | 976 | 1062 |
| 1960-luku | 1053 | 1001 |
| 1970-luku | 1350 | 959 |
| 1980-luku | 855 | 806 |
| 1990-luku | 501 | 609 |



Kuva 3.10: Korjausvelkamallin tulokset nykyarvoineen eri vuosikoroilla verrattuna VTT:n asuinkerrostalojen perusparannustarpeeseen (Lehtinen et al., 2005)

ASPE-mallin arvio nousee 70-luvun asuinkerrostaloihin ja laskee siitä alaspäin. Diplomityön arvio on suoraan laskeva trendi 50-luvulta eteenpäin. Kun korjaukset alkavat olla tulevaisuudessa, nykyarvolaskenta laskee uudempien asuinkerrostalojen korjausvelkaa. Merkittävin ero on 70-luvulla, noin 400 €/asm². Ero voi viitata liiallisiin yleistyksiin diplomityön korjausvelkamallissa. Julkisivuisa aikakausi ei vaikuta korjauskustannuksiin. Ja 60- ja 70-luvulla todettiin betonijulkisivujen olevan heikommin kestäviä kuin uudemmat tai vanhemmat vastaavat. Tämänkaltaiset tarkennukset todennäköisesti kasvattaisivat elementtirakentamisen aikakauden 1960-1975 korjausvelkaa, jolloin korjausvelkamalli voisi vastata lähemmin ASPE-mallin arviota.

Osa korjausvelkamallin korjauksista ylittää uudemmilla vuosikymmenillä ASPE-mallin aikarajan 2025. Niiden nykyarvoiset korjausvelat on silti laskettuna taulukossa 3.6 ja jos ne otettaisiin pois, laskisi diplomityön korjausvelan arvio.

ASPE-malliin perustuvissa laskelmissa asuinkerrostalokannalle on ennakoitu 1.9

mrd.€:n vuosittainen perusparannustarve vuosille 2016-2025 (Lehtinen et al., 2005). Tilastokeskuksen asuinkerrostalojen huoneneliöiden summalla (tilasto, 2014) voidaan kertoa diplomityön korjausvelkamallin arvio ja jakaa se kymmenelle vuodelle. Taulukossa 3.7 on verrattuna korjausvelkamallin arvoilla saatuja tuloksia VTT:n ASPE-malliin.

Taulukko 3.7: Vuosittaisen perusparannustarpeen (Lehtinen et al., 2005) vertailu diplomityön korjausvelan arvioihin.

| | Vuosikorko | mrd.€/vuosi |
|-------------------|------------|-------------|
| Korjausvelkamalli | 0 | 2.2 |
| | 0.01 | 1.9 |
| | 0.05 | 1.5 |
| | 0.1 | 1.4 |
| ASPE-malli | ? | 1.9 |

Pienillä vuosikoroilla diplomityön malli vastaa paremmin ASPE-mallin arvioita. Vaikka taulukon 3.6 mukaan vuosikymmenien välillä on eroja, ne tasoittuivat, kun korjausvelat lasketaan yhteen. Valitut toimenpiteet vaikuttavat paljon ja ASPE-mallista ei tiedetä mitä korjauksia tehdään. ASPE-malli ottaa huomioon perusparannuskorjaukset, joihin kuuluu tutkimuksen mukaan suurin osa peruskorjauksista (Lehtinen et al., 2005). Diplomityön korjausvelkamallissa käytetyt korjaukset pyrkivät nostamaan kohteen optimitasolle tai sen yli. Malli noudattaa työssä esitettyä korjausvelan määritelmää ja korjausrakentamisen periaatteita.

VTT:n mallissa oletetaan tehtävän asuinkerrostaloihin vuosikorjauksia 1-3 vuoden välein, mutta näistä vain peruskorjauksen yhteydessä tehtävät lasketaan perusparannustarpeen suuruuteen. Tämä vaikuttaa alentavasti todelliseen summaan. (Lehtinen et al., 2005)

Korjausvelkamallissa ei ole mukana yleisiä vuosikorjauksia, vaan korjaukset ja niiden antamat käyttöiän lisät on pyritty erittelemään. Tässä suhteessa voidaan katsoa diplomityön korjausvelkamallin vastaavan VTT:n laskentaa.

ASPE-malli ottaa huomioon asuinkerrostalokannassa olevaa poistumaa, joka muodostuu kunnostamatta jätettävistä asuinkerrostaloista. Sen sijaan ne käytetään loppuun ja puretaan. Tämä näkökulma ei näy tämän työn korjausvelkamallin yleistävissä arvioissa. ASPE-malli määrittelee tyyppitaloja eri vuosikymmenille, mutta niiden jaottelu ei vastaa tämän työn jaottelua. ASPE-mallissa on jaettu ennen 1960-lukua rakennetut asuinkerrostalot puu- ja kivirakenteisiin (Lehtinen et al., 2005). Tässä työssä on puukerrostalot jätetty kokonaan tarkastelun ulkopuolelle. Vuosille 1961-1980 on jaoteltu vuosikymmenien betonilamellitalot mataliin ja korkeisiin (Lehtinen et al., 2005). Tässä työssä ei oteta kantaa asuinkerrosta-

lojen korkeuteen vaan pidetään ne samassa luokassa. Kirjallisuuden perusteella korkeus voi olla vaikuttava tekijä asuinkerrostaloissa. Esimerkiksi ilmanvaihdon ratkaisut vaihtelivat. Asuinkerrostalojen korkeuden huomiointi on lisäkehityskohde korjausvelkamallille.

VTT:n tutkimuksen mukaan tulevaisuutta ennustaessa ei ole varmoja tuloksia, vain erilaisia vaihtoehtoja (Lehtinen et al., 2005). Se, että tämän työn korjausvelkamalli ei anna samoja arvoja kuin VTT:n malli, ei kerro mallien keskenäisestä paremmuudesta. Molempien tulokset perustuvat lähtötietoihin, jotka eivät ole samat. Eriävät tulokset eivät ole yllättäviä.

Käytetyissä korjauksissa on todennäköisesti eroja. VTT:n ASPE-malli painottaa perusparantavia korjauksia, joissa on suurin osa peruskorjauksista mukana, mutta ei kaikkia. Kun taas diplomityön korjausvelkamallin esimerkkilaskelmat tässä osiossa vastaavat asuinkerrostalon peruskorjaamista optimitasoon.

Molemmat mallit ennustavat tulevia kustannuksia. ASPE-malli on suunnattu antamaan yleistävää tietoa valtion korjausvelkakuormasta. Diplomityön malli sen sijaan on suunnattu antamaan ohjastavaa tietoa yksittäisille kiinteistöille. Vertaaminen ASPE-malliin osoitti, että pienellä vuosikorolla nykyarvolaskennallinen korjausvelka asuinkerrostalosta on riittävän tarkka seuraavaan vaiheeseen.

Testataan seuraavaksi mallin soveltuvuutta laskemalla esimerkkikohteille korjausvelan määrä ja pohditaan onko mallin antama tieto riittävän ohjaavaa.

3.3.2.2 Esimerkkitapaus 1

Asunto-osakeyhtiö Testitapaus 1:sta saatiin käyttöön pitkän tähtäyksen korjaussuunnitelma (PTS), isännöitsijätodistus ja energiatodistus. PTS on esitetty liitteessä B. Asunto-osakeyhtiön nimi muutettiin, mutta tiedot vastaavat todellisia dokumentteja. Näiden avulla voidaan sijoittaa tiedot toteutuneista uusinnoista korjausvelkamallin laskentaan. Asuinkerrostalon asuntopinta-ala on 1266.5 asm^2 .

Todellinen kohde toi heti esille puutteita korjausvelkamallissa. Kyseinen asuinkerrostalo on rakennettu vuonna 1960, mutta siinä on käytössä painovoimainen ilmanvaihto. Tätä vaihtoehtoa ei ole korjausvelkamallissa aikakaudella 1960-1975. Tämä ongelma mainittiin aikaisemmin kirjallisuustutkimuksen tyyppitaloja määrittäessä. Muutkin rajakaudet ovat todennäköisesti ongelmallisia korjausvelkamallille käsitellä.

Jotta saatiin käsittelyyn painovoimainen ilmanvaihto, valittiin rakentamisvuodeksi malliin 1959. Taloyhtiön PTS:ssa on ilmoitettu tulevia suunniteltuja korjauksia ja aiemmin toteutuneita korjauksia. Otetaan viimeisimmät toteutuneet uusinnat PTS:sta ja jaotellaan ne taulukkoot toteutusmisvuoden mukaan 3.8.

Taulukko 3.8: Testitapaus 1:ssä tehdyt uusinnat. Korjaukset on jätetty pois.

| Vuosi | Toimenpide |
|-------|---|
| 2013 | Lämmönjakokeskus |
| 2013 | Ilmanvaihtokanavien puhdistus |
| 2013 | Putkisaneraus ja sähköjärjestelmien uusinta |
| 2005 | Patteriventtilien vaihto |

Kaikista taloteknisten järjestelmien ja rakenteellisten ratkaisujen materiaaleista ei ole tarkkaa tietoa nähtävissä isännöitsijätodistuksesta tai PTS:sta. Valitaan siis kaikkiin aikakauden tyypilliset ratkaisut, jos muuta tietoa ei ole. Isännöitsijätodistuksen mukaan julkisivun pääasiallinen materiaali on tiili, joten valitaan runkotyypiksi massiivitiili. Myöhemmin PTS:ssa puhutaan julkisivun rappauksen uusinnasta, joten oletetaan julkisivutyypiksi kolmikerrosrappaus. Lämmitysjärjestelmän tiedetään olevan kaukolämmöllä toimivaa. Katto on harjakatto ja sen katemateriaalina on pelti.

Oletetaan lämmönjakokeskuksen uusinnan yhteydessä linjasäätöventtiilien uusinta, koska patteriventtiilit on mainittu erillisenä uusintana. Vuodelle 2023 on suunniteltu toteutettavaksi julkisivun saneeraus uusimalla rappaus ja ikkunoiden uusinta. PTS:n arvio kustannuksille on 200000€, josta saadaan jakamalla asuntojen pinta-alalla 1266.5 asm^2 , kustannusarvioksi 158 €/asm^2 . Nykyarvolaskenta kustannusarviolle 0.01:n vuosikorolla on 145 €/asm^2 . Kiinteistöön on suunnitella katon uusinta, mutta sille ei ole määritelty kustannus- eikä aika-arviota.

Korjausvelkamalli täydennettiin vastaamaan taloyhtiön tulevia suunnitelmia niiltä osin kuin niitä oli ilmoitettu. Näin voitiin vertailla PTS:n ja korjausvelkamallin eroja. Niistä järjestelmistä, joista PTS:ssä ei ollut mainintaa, korjausvelkamalliin valittiin korjausratkaisut, joilla saatiin kerrostalo kunnostettua optimitasolle. Lisäkorjauksia, kuten energiatehokkuutta parantavia korjauksia ei valittu. Putkisaneraus tehdään perinteisillä menetelmillä. Jakokeskus uusitaan ja patteriventtiilit vaihdetaan. Lämmityspotket valitaan uusittavaksi moderniksi, mikä voi olla turha uusinta riippuen kohteen putkien kunnosta. Takorautaputkien käyttöikä on pitkä ja nykyarvo laskee uusinnan korjausvelkaa. Patterit uusitaan moderniksi, mutta uusinta on tulevaisuudessa ja sen nykyarvo on täten pieni. Sähköjärjestelmät uusitaan moderniksi. Kolmikerrosrappaus paikataan ja pinnoitetaan, koska se on PTS:ssä oleva suunnitelma. Vesikatto korjataan. Puuikkunat uusitaan, koska se on PTS:ssä.

Korjausvelkamalli arvioi korjausvelan summaksi 723 €/asm^2 , jonka nykyarvo vuosikorolla 0.01 on 536 €/asm^2 . Esitetään taulukossa 3.9 kuinka suuria eroja on tulevien korjausten ajoituksissa ja kustannuksissa PTS:n ja diplomityön mal-

lin välillä. Korjausvelkamallin arvot on saatu syöttämällä Testitapaus 1:n tiedot malliin. Julkisivun paikkauksessa ja ikkunoiden uusinnassa on laskettu vertailun vuoksi mallissa eriteltyt korjauskustannukset yhteen. Julkisivukorjauksen kustannus on $55\text{€}/\text{asm}$ ja ikkunoiden uusinnan $75\text{€}/\text{asm}$, yhteensä $130\text{€}/\text{asm}$. Kustannuksissa ero on vain 15 euroa, mutta korjausaika eroaa noin kymmenen vuotta. Vesikatolle korjausvelkamalli antaa suoran korjausajaksi vuoden 2019 ja kustannusarvioksi 75 euroa. PTS:ssä ei ollut mainintaa, että kustannusarviot olisivat nykyarvossa, joten taulukossa 3.9 esitetyt korjausvelkamallin kustannusarviot eivät ole nykyarvossa.

Taulukko 3.9: Testitapaus 1:n PTS:n mukaisten tulevien korjausten vertailu korjausvelkamallin arvioihin.

| | PTS | Korjausvelkamalli |
|---|------|-------------------|
| Vesikaton uusinta | | |
| Vuosi | ? | 2019 |
| Kustannus [$\text{€}/\text{asm}^2$] | ? | 75 |
| Julkisivurappauksen paikkarappaus ja ikkunoiden uusinta | | |
| Vuosi | 2023 | 2014 |
| Kustannus | 145 | 130 |

PTS:ssa ei ole viitteitä, että julkisivuun olisi tehty huoltavia toimenpiteitä tai kuntokartoitusta. PTS:n arvio vuodesta 2023 perustuu johonkin, jota ei ole tarkemmin määritelty. Keskiarvojen perusteella korjausvelkamalli suosittelisi nopeammin julkisivuun korjaavia toimenpiteitä. Kustannukset ovat alemmat korjausvelan arvion mukaan.

Tämänkaltaista ohjaavaa tietoa korjausvelkamalli pystyy antamaan hyvin. Puutteena on vielä kiinteistössä aiemmin tehtyjen korjausten tarkempi huomiointi. Korjaustoimenpiteitä ja niiden käyttöikien lisäyksiä voisi käsitellä tarkemmin ja eritellä samalla tavalla kuin tulevissa korjauksissa.

Kiinteistössä ei ole suunnitelmissa energiatehokkuutta parantavia korjauksia. Rakennuksen energialuokka on E ja sen kulutus on $191\text{ kWh}/\text{brm}^2/\text{vuosi}$. Tämä vastaa kirjallisuustutkimuksen mukaista keskimääräistä 60-luvun asuinkerrosta-loa. Kirjallisuustutkimuksesta tiedetään, että on mahdollista saavuttaa energia-korjauksilla energialuokituksen kohotus B:ksi. Toiseksi ylimpään luokkaan kolmanneksi alimmasta. Näiden korjausten poissaolo PTS:sta alentaa merkittävästi kyseisen kiinteistön korjausvelka-arviota.

Jos energiakorjaukset ottaa huomioon, lisääntyy korjausvelka. Energiatehokkuutta parantavia korjauksia ovat katon ja yläpohjan energiatehokkuuden lisääminen. Julkisivun rappauksen uudistus voidaan muuntaa verhoukorkorjaukseksi, jol-

loin voidaan lisätä lämmöneristettä. Suurin muutos olisi painovoimaisen ilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi tuloksi ja poistoksi, jolloin voitaisiin hyödyntää lämmöntalteenottoa. Kaikkien energiatehokkuuskorjausten kanssa korjausvelan summa on $1165\text{€}/\text{asm}^2$ ja nykyarvona vuosikorolla $0.01\ 965\text{€}/\text{asm}^2$. Jos ilmanvaihtoa ei uusita, vaan jätetään painovoimaiseksi, kustannukset alenevat $948\text{€}/\text{asm}^2$:ksi, joka on nykyarvoltaan $748\text{€}/\text{asm}^2$. Eri laajuisilla energiatehokkuuskorjauksilla saadut korjausvelan arviot on esitelty taulukossa 3.10, jossa on vertailun vuoksi alkuperäinen PTS:a mukailevan korjausvelkamallin tulos.

Taulukko 3.10: Testitapaus 1:n korjausvelkamallin arviot nykyarvoisina.

| Korjausten laajuus | Korjausvelan summan nykyarvo [€] |
|--|----------------------------------|
| Kaikki energiatehokkuuskorjaukset | 965 |
| Energiatehokkuuskorjaukset ilman ilmanvaihdon uusintaa | 748 |
| PTS:a mukailevat korjaukset | 536 |

Tehdyt päätökset vaikuttavat merkittävästi korjausvelan suuruuteen. Energiamuutosten kanssa kalleimman ja PTS:n mukaisten korjausten välinen ero on nykyarvoltaan $429\text{€}/\text{asm}^2$. Ero on merkittävä, kun ehdotetaan korjauksia taloyhtiön hallituksessa. Korjausvelkamallia voisi lisäkehittää lisäämällä energiatehokkuudelle oman kohdan. Siihen voitaisiin sijoittaa kiinteistön energialuokka. Tehtyjen energiaparannuskorjausten mukaan energialuokitus kehittyisi.

Tämän testin perusteella diplomityön korjausvelkamalli antaa ohjaavaa tietoa todelliseen asunto-osakeyhtiöön. Kiinteistön omistaja voi vertailla kuinka suuri vaikutus korjausvelkaan on eri korjausvaihtoehtoilla. Käyttäjälle voi tulla mieleen vaihtoehtoisia menetelmiä tai täysin unohtuneita korjauskohteita, kuten ilmanvaihto. Esimerkkitapauksessa saatiin ehdotus vesikaton uusintavuodelle, jota ei PTS:ssa oltu arvioitu. Samoin PTS:n mukaiselle julkisivusaneeraukselle ja ikkunoiden uusinnalle korjausvelkamalli ehdotti aikaisempaa korjausvuotta. Tämän perusteella kiinteistön omistajat voivat tarkastella julkisivujaan ja arvioida korjaustarvetta omalta kohdaltaan.

Korjausvelkamalli antaa ohjaavaa tietoa esimerkkitapaukselle tarjoamalla kiinteistölle tarkennettua korjausvelkatietoa. Toteutettavia korjauksia voidaan vaihdella ja arvioida korjausvelan kautta eri vaihtoehtoja. Malli ohjaa käyttäjää antamalla ajatuksia mahdollisista puutteista kiinteistön PTS:ssa.

3.3.2.3 Esimerkkitapaus 2

Asunto-osakeyhtiö Testitapaus 2:lle saatiin tietoon isännöitsijätodistuksessa olevat perustiedot toteutuneista korjauksista ja arviot tulevista korjauksista. Alku-

peräiset tiedot on esitetty liitteessä B. Asuinpinta-ala on $2304m^2$ ja rakentamisvuosi on 1964.

Testitapaus 2:ssa on käytössä kaukolämpö. Ilmanvaihto on koneellinen poisto, joka oletetaan yhteiskanavaiseksi. Rakennusmateriaali on tiili, joka on 50-luvun rakennusmateriaali ja jätetty pois 60-luvulta. Elementtisaumat mainitaan tulevana korjaustarpeena, joten oletetaan runkotyyppin olevan osaelementti. Koska julkisivusaneerausten kustannukset ovat samaa luokkaa korjausvelkamallissa ja runkoon ei kohdisteta korjauksia, ei tämä aiheuta suurta virhettä. Kattoratkaisuna on loiva harja, vaikka korjausvelkamallin mukaan aikakaudella olisi käytössä tasakatto.

Muista rakenteista ja talotekniikasta ei ole tarkempaa tietoa saatavilla, joten sijoitetaan niihin korjausvelkamallin aikakauden yleisimmät vaihtoehdot. Testitapauksesta 2 tiedetään jotain tehtyjä uusintoja, jotka on esitetty taulukossa 3.11.

Taulukko 3.11: Esimerkkitaloyhtiössä tehdyt uusinnat. Korjaukset on jätetty pois.

| Vuosi | Toimenpide |
|-------|------------------------------------|
| 2010 | Sähköjohtonousut |
| 2010 | Käyttövesiputkiston linjasaneeraus |
| 2007 | Viemäreiden pinnoitus |
| 2002 | Ikkunoiden uusinta |
| 1999 | Patteriventtiilien uusinta |
| 1992 | Kaukolämpölaitteiden uusinta |

Oletetaan kaukolämpölaitteiden uusinnan yhteydessä vaihdettavaksi linjasäätöventtiilit ja pumppu. Koska julkisivu on korjattu ja maalattu vuonna 1990, mutta korjausten suuruusluokkaa ei ole ilmoitettu, jätetään se huomioimatta tehdyissä uusintoissa. Sen sijaan valitaan julkisivun purkamisen ja uusinnan sijaan verhoukorkorjaus tulevaksi toimenpiteeksi. PTS:ssa mainitaan tulevissa korjauksissa julkisivujen maalaus ja elementtisaumojen uusinta. PTS:ssa on mainittu lämmönjakolaitteiden uusinta ja lämmitysjärjestelmän perussäätö. Pyritään noudattamaan taloyhtiön suunnitelmia, kun täydennetään korjausvelkamalliin tehtävät korjaustoimenpiteet.

Testitapaus 2:ssa oli eritelty viemäreille ja käyttövesijohdoille tehdyt korjaukset, joten niiden tulevat korjaukset on eritelty. Lämmönvaihdin ja pumppu uusitaan. Patteriventtiilit vaihdetaan lämmönsäädön kanssa. Lämmitysputket valitaan uusittavaksi moderniksi, mikä voi olla turha uusinta riippuen kohteen putkien kunnosta. Toisaalta teräspuutket ovat teoreettisesti elinkaarensa lopussa. Patterit uusitaan moderniksi, mutta uusinta on tulevaisuudessa ja sen nykyarvo on täten pieni. Sähköjärjestelmä uusitaan. Ilmanvaihtokone uusitaan ja ilmanvaiht-

tokanavat nuohotaan, jonka yhteydessä ne voidaan tasapainottaa. Vesikatto korjataan ja ikkunat tiivistetään, koska niihin on tehty uusinta vuonna 2002.

Korjausvelkamalli antaa Testitapaus 2:n korjausvelan summaksi $522\text{€}/\text{asm}^2$, joka on vuosikorolla 0.01 nykyarvoltaan $431\text{€}/\text{asm}^2$. Taulukkoon 3.12 on jaoteltu PTS:ssa olleet tulevat korjaukset ja korjausehdotukset korjausvelkamallista.

Taulukko 3.12: Testitapaus 2:n PTS:n mukaisten tulevien korjausten vertailu korjausvelkamallin arvioihin.

| | PTS | Korjausvelkamalli |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Lämmönjakolaitteiden uusinta | | |
| Vuosi | ? | 2064 |
| Kustannus [$\text{€}/\text{asm}^2$] | ? | 6.6 |
| Julkisivu | Elementtisaumat ja maalaus | Verhouskorjaus |
| Vuosi | ? | 2014 |
| Kustannus | ? | 154 |
| Ilmanvaihto | Perussäätö | IV-kone, kanavat ja säätö |
| Vuosi | ? | 2014 |
| Kustannus | ? | 7.1 |
| Lämmitysjärjestelmä | Perussäätö | Patteriventtiilit ja perussäätö |
| Vuosi | 2022 | 2022 |
| Kustannus | ? | 9 |
| Korjausvelan summa nykyarvossa | ? | 431 |

PTS ei osannut antaa kaikille tuleville korjauksille aikoja eikä yhdellekään kustannusarvioita. Tähän korjausvelkamalli antaa ohjaavaa tietoa joka hyödyttää sekä taloyhtiön hallitusta että kiinteistöstä asuntoja ostavia. Heitä kiinnostaa kuinka mittavia korjauksia on tulossa.

Julkisivut maalattiin edellisen kerran vuonna 1990, elementtisaumojen ja huoltomaalauksen aikaväli on 15 vuotta. Tämä tieto näkyy korjausvelkamallin huomioitavat seikat sarakkeessa. PTS:n mukaan suositus on jätetty noudattamatta. Joten korjausvelkamallissa ehdotetaan tämän vuoksi laajempaa korjausta kuin mitä PTS:ssa on suunnitteilla.

Korjausvelkamalli osoitti korjauksia joita ei oltu ajateltu PTS:ssa. Kuten säännöllinen ilmanvaihtokoneen uusinta. PTS mainitsee tulevilla korjauksilla lämmönjakolaitteiden uusinnan, jonka voidaan katsoa tarkoittavan kiinteistön patterei-

ta, jonka korjausperusteena on teknisen käyttöiän umpeutuminen. Korjausvelkamallin mukaan 60-luvulle tyypillisten liitepattereiden käyttöikä on jopa 100 vuotta. On mahdollista, että kiinteistössä on jokin muu ratkaisu käytössä. Tai PTS:ssa puhutaan lämmönjakolaitteista, mutta tarkoitetaan kaukolämpöön liittyviä lämmönvaihtimia, joita voidaan kutsua lämmönjakolaitteiksi. Toteutuneissa korjauksissa on käytetty termiä kaukolämpölaitteet. Muut vaihtoehdot ovat koko lämmitysjärjestelmä tai lämmitysputket. Asia ei käy selväksi PTS:sta. Koska Testitapaus 2:sta ei ole tiedossa sen energiatehokkuusluokkaa, ei suoriteta sille arvioita erisuuruisten energiakorjausten aiheuttamasta korjausvelasta.

Toiselle esimerkkitapaukselle diplomityön korjausvelkamalli antoi ohjaavaa tietoa kiinteistön korjausvelasta ja mistä se koostuu. Korjausvelkamalli antoi uusia korjausehdotuksia, jotka puuttuivat PTS:sta. Molemmat esimerkkitapaukset toivat ilmi uusia puutteita korjausvelkamallista ja antoivat uusia parannusajatuksia. Testaus osoitti, että taloyhtiöiden vertailtavuutta helpottaisi yhtenäinen tapa ilmoittaa menneet ja tulevat korjaukset. Tällä hetkellä vertailija joutuu itse jäsen-telemään taloyhtiöistä saatavat tiedot toisiaan vastaaviksi.

Luku 4

Tulosten arviointi ja jatkokehitys

Tässä luvussa arvioidaan ensin erikseen kunkin työn osa-alueen sisällä saavutettuja tuloksia ja pohditaan niiden merkitystä. Viimeisenä esitetään jatkokehitysehdotuksia korjausvelkamallille.

4.1 Kirjallisuustutkimus

Haluttiin löytää tietoa erityisesti rakentamisvuosien välisistä eroista asuinkerrostalojen välillä ja kuinka se vaikuttaa korjausvelkaan. Lähteet vaihtelivat opinäytetöiden, diplomitöiden, väitöskirjojen, kirjojen, julkaisujen ja seminaariesitysten välillä. Lähteitä löytyi runsaasti, mikä auttoi siihen ongelmaan, että yhdessä lähteessä saattoi olla vain murto-osa korjausvelkamalliin tarvittavasta tiedosta. Vaikeutena oli löytää juuri tietyille yksityiskohtaiselle talotekniselle järjestelmälle tai rakenteelliselle ratkaisulle kohdistettuja kustannustietoja ja käyttöikiä. Kirjallisuustutkimuksen tiivistävien taulukoiden tyhjät kohdat osoittavat, että kaikille osille ei löydetty haluttua tietoa. Aikataulullisesti ei voitu käyttää enempää aikaa kirjallisuustutkimukseen. Mitä enemmän lähteitä, sitä tarkempi malli. Mutta mitä vähemmän käyttää aikaa malliin, sitä karkeampi siitä tulee. Korjausvelkamallin ajoittainen epätarkkuus viittaa siihen, että lähteitä olisi tarvittu enemmän.

Toinen haaste kirjallisuuslähteitä tutkiessa oli jäsenellä niistä löytynyttä erilaila esitettyä tietoa ja koostaa niitä yhteen. Korjausvelkamallin testausta varten löydettiin riittävä määrä tietoa ja voidaan todeta että osakysymykseen saatiin vastaus. Kirjallisuustutkimuksen yhteydessä tiivistävät taulukot osoittavat mitkä olivat asuinkerrostalon osien ongelmakohdat, käyttöiät, korjausmenetelmien kustannukset ja käyttöikien lisäykset korjauksilla. Rakentamisvuoteen kohdistettua kustannustietoa löytyi vain muutamia asuinkerrostalon osista. Useimmis-

sa tapauksissa jouduttiin tyytymään yleistäviin kustannusarvioihin, jotka ovat samat kaikille aikakausille ja vastaavat nykyaikana tehtyjen korjauksien kustannuksia.

Kustannuksien keskiarvojen määrittely voisi olla tarkempaa. Keskiarvoja laskettaessa ei otettu huomioon, kuinka moneen kohteeseen lähteiden kustannusarviot perustuvat. Useamman kohteen sisältävän lähteen arviot olivat keskiarvossa mukana samalla painoarvolla kuin yhden kohteen sisältävän lähteen arvio. Kustannusarvioissa laskettiin yhteen sekaisin eri yksiköillä olevia arviota, joskin yksiköt todettiin riittävän samankaltaisiksi, että se oli perusteltua. Lähteissä oli myös eroa siinä, oliko käytetty arvonlisäverottomia kustannusarvioita vai ei. Näistä kaikista laskettiin silti sekaisin keskiarvoksi, koska kaikki lähteet eivät ilmoittaneet suuntaan tai toiseen, jolloin ei voitu itse laskea toisiaan vastaavia arvioita kaikista lähteistä. Diplomityön sivutavoite koota yhteen tietoa aiemmin tehdyistä tutkimuksista täyttyi, kun tiedon koostaminen lähteistä oli valmis. Vastaavaa tiedon erittelyä aikakausittain ja asuinkerrostalojen osien tarkkuudella ei löytynyt muista lähteistä tutkimuksen aikana. Työn aikana syntynyt tietokantataulukko on arvokasta tietoa korjausvelan mallintamiselle. Taulukointi mahdollistaa jatkossa tiedon lisäkehittämisen ja tarkentamisen.

4.2 Myynti-ilmoituksien tarkastelu

Myynti-ilmoituksista kävi ilmi vapaamuotoisten ilmoitusten ongelmat. Niistä oli haastava poimia mitä oli tehty ja koska. Tulevia korjauksia ei myöskään oltu ilmoitettu yhtä laajasti kuin tehtyjä korjauksia. Tästä johtuen, käyttöikiä arvioitaessa oli käytössä vain ensimmäisten toteutuneiden korjausten ja uusintojen tiedot. Ainoastaan 50-luvun asuinkerrostaloissa voitiin arvioida pitkän yli 50 vuoden teknisen käyttöiän järjestelmiä. Uudemmissa asuinkerrostaloissa käyttöiät olivat järjestäen alle teknisen käyttöiän, koska tulevia korjauksia ei löydetty tarpeeksi tasapainottamaan käyttöikiä. Myynti-ilmoitusten laajempi läpikäynti ja siihen koneellisen menetelmän kehittäminen olisi lisännyt saatavan tiedon määrää, mutta se olisi ollut liian laaja kokonaisuus toteuttaa tämän diplomityön puitteissa. Myynti-ilmoituksista kävi ilmi, että joitain asuinkerrostalon osia käytetään pidemmän ja toisia lyhyemmän aikaa kuin kirjallisuuden keskiarvot ennustavat. Tuloksilla ei suoraan muokattu kirjallisuuden käyttöikiä, mutta poikkeamat kirjattiin korjausvelkamallin taulukkoon. Todelliset käyttöiät voivat helpottaa korjausvelkamallin käyttäjien päätöksentekoa. Taloyhtiöiden hallitukset saattavat pitkittää jonkin vaihdettavan osan käyttöä, jos he tietävät että keskimäärin todellisessa käytössä käyttöiät ovat pidempiä kuin teoriassa. Tästä aiheutuvat riskit on myös kirjattu korjausvelkamallin tietojen taulukoinnissa.

4.3 Putkisaneraauksien kustannustietojen tarkentaminen

Toinen tarkennus korjausvelkamallin tietoihin saatiin käyttämällä Isännöintiliiton putkisanerauskyselyn tuloksia. Niillä tarkennettiin eri aikakausien putkisanerausten kustannuksia. Korjausvelkamallin putkisanerausten kustannusarviota voidaan pitää työn tarkimpana osuutena. Kyselytutkimuksen tietoja järjestäessä nousi esille kritiikkiä vastauksien luotettavuudesta. Muutama vastaus oli rajusti suurempi kuin keskiarvot ja osa vastauksista herätti epäilystä siitä, olisiko kysymys ymmärretty oikein. Keskiarvot vaikuttivat järkeviltä ja ne otettiin käyttöön, koska kysely yhdisti kustannusarvion rakentamisvuoteen. Vastaavaa tietoa muista asuinkerrostalon osista olisi tarkentanut huomattavasti korjausvelan mallintamista rakentamisvuoden perusteella. Putkisanerauskyselyn käytettyjen menetelmien osuudesta nähtiin, että ei voida yleistää suoraan tiettyä korjausmenetelmää viemärointiin. Päätös täytyy jättää käyttäjälle ja tämä saatiin sovellettua korjausvelkamalliin.

4.4 Korjausvelkamalli

Korjausvelkamallin arvion tarkkuutta testattiin vertaamalla sitä VTT:n asuinrakennusten peruseräparannustarpeiden kustannuksia kuvaavaan malliin. Mallien välillä oli eroja, jotka viittasivat korjausvelkamallin puutteisiin ja yleistyksiin aikakausien korjausratkaisujen suhteen. Yksittäisten vuosikymmenien välillä oli etenkin 60- ja 70-luvuilla merkittäviä eroja mallien välillä. Kun verrattiin kaikkien asuinkerrostalojen korjausvelan vuosittaista summaa, olivat VTT:n malli ja diplomityön korjausvelkamalli rinnakkain. Samalla vertailtiin nykyarvolaskennan vaikutusta eri vuosikoroilla korjausvelan summaan. Sillä oli merkittävä vaikutus ja tulokset vastasivat paremmin VTT:n mallin arvioita, kun käytettiin pientä vuosikorkoa. Vertailulla todettiin korjausvelkamallin olevan riittävän tarkka antamaan ohjaavaa tietoa. VTT:n mallin voidaan todeta olevan tarkempi yleisen korjausvelan arviointiin, koska se oli sen tavoite. Tämän työn malli pyrkii yksittäisen kohteen tarkempaan arviointiin. Tämä näkyy käytetyissä lähtötiedoissa ja yksittäisen kiinteistön arviointiin tähtäävissä korjausmenetelmien valintatarkkuudessa. Korjausvelkamallin antaman ohjaavan tiedon tarkkuutta voidaan kritisoida, koska se on suoraan riippuvainen lähtötietojen tarkkuudesta.

Korjausvelkamallia tehdessä jouduttiin tämän työn sisällä rajoittamaan sen monimutkaisuutta ja jättämään osa ominaisuuksista tulevaa kehitystä varten. Pois jääviä asioita olivat: rajauksen ulkopuolelle jäävät asuinkerrostalon osat, energiatehokkuus, toteutuneiden korjausten tarkempi erottelu ja aikakausilta löyty-

neiden ongelmien tarkka vaikutus korjausvelkaan. Salaojat jätettiin pois, koska niistä ei löydetty kustannustietoa, vain käyttöikä. Ikkunat ja salaojat lisättiin työssä käsiteltäviin rakenteisiin diplomityön aikataulun loppupuolella. Niiden tarkastelu jäi suhteessa vähäisemmälle kuin muiden rakenteiden ja talotekniikan. Osa julkisivuihin kohdistuvasta tiedosta jätettiin pois, kuten julkisivujen paikkausraja, joka vaikutti merkittävästi valittavissa oleviin korjausmenetelmiin. Nämä esitettiin taulukossa, mutta korjausvelkamallin laskentaan niitä ei otettu huomioon. Niiden soveltaminen vaatii laskentamallin jatkokehittämistä. Korjausvelkamallin tarkkuus on suoraan sidottu lähtötietoihin, joihin sen arvio perustuu. Näin ollen lähteiden määrää ja niiden käsittelyn tarkkuutta pidän työn suurimpana heikkoutena. Tämä johtui aikarajoituksista. Tämän tietomäärän etsimiseen kului jo suurin osa diplomityön aikataulusta, joka näkyy korjausvelkamallin käytettävyydessä ja monimuotoisemman testauksen puuttumisena. Pidän työtä toisaalta onnistuneena, koska siinä asetettuun tavoitteeseen päästiin.

Vastaavaa mallia ei löydetty kirjallisuustutkimusta tehdessä. Useimpien korjausvelkaa arvioivien tutkimusten tavoitteena oli yleistää korjausvelkatietoa ja tarjota koko Suomen asuinkerrostalokannan näkökulmasta oleellista tietoa korjausvelasta. Pidän korjausvelkamallia tässä mielessä onnistuneena. Se tarjoaa tutkimusalalle uuden näkökulman ja osoittaa, että yksittäisten asuinkerrostalojen korjausvelasta voidaan antaa hyödyllistä tietoa taloyhtiöille ja asuntojen ostajille. Korjausvelan suuruus ei ole ainoa oleellinen asia. Energiatalous ja puutteet tulevaisuudessa korjaussuunnitelmissa ovat tärkeitä ja näihin korjausvelkamalli pyrkii antamaan ohjausta. Tulevaisuutta on vaikea arvioida ja tämän työn korjausvelkamalli ei korvaa kattavaa kuntotutkimusta asuinkerrostaloille, jota pidän ainoana luotettavana keinona arvioida asuinkerrostalojen korjaustarvetta.

Korjausvelkamallin soveltuvuutta olisi voitu testata vaihtoehtoisilla menetelmillä. Taloyhtiöiden hallitusten jäseniä olisi voitu haastatella ja antaa heidän testata korjausvelkamallia. Tämä olisi vaatinut suuren määrän lisäaikaa korjausvelkamallin käytettävyyden kehittämiseen. Haastattelut olisivat voineet tuoda mielenkiintoisia näkökulmia ja käyttötarpeita joiden perusteella voitaisiin jatkokehittää korjausvelan mallia. Suurempi määrä kirjallisuuslähteitä ja pohjatutkimusta olisi myös antanut tarkennusta korjausvelkamallille, mutta tällöin olisi jouduttu rajaamaan aikataulusta enemmän aikaa kirjallisuustutkimukseen ja vähemmän aikaa korjausvelkamallille ja sen testaamiselle.

4.5 Jatkokehitys

Esimerkkitapaukset osoittivat useita puutteita korjausvelkamallissa. Siinä on toimivuutta jo tämän työn muodossa, mutta tuleva jatkokehitys voi tehdä siitä tar-

kemman. Yksittäisten poikkeamien vuoksi korjausvelkamallia tulisi kehittää avoimemmaksi vaihtoehtojen suhteen. Jos käyttäjällä on kiinteistöstään tarkemmin tietoa, joka poikkeaa aikakauden tyyppitaloista, ei ole syytä estää käyttämästä niitä korjausvelkamallissa. Kahden kohteen testaaminen osoitti, että kohteiden vertailua auttaisi, jos taloyhtiöillä olisi yhtenäinen tapa ilmoittaa menneet ja tulevat korjaukset. Ainoa tapa varmistaa tämä olisi lainsäädännön kautta. Työssä käytetyt aikakausimäärittelyt osoittautuivat puutteellisiksi. Ne rajasivat suotta tiettyjä ratkaisuja pois muilta aikakausilta. Eniten tämä vaikutti kohteissa, joissa oli käytössä ratkaisuja aikakausirajan molemmilta puolilta. Korjausvelan mallintaminen tarkentuisi, jos käyttäjälle voisi määrittää tarkemmin tehdyt korjaukset samalla tavalla kuin niitä määritellään tulevissa korjauksissa.

Malliin voisi lisätä energiatehokkuustarkastelun, joka on tuleva trendi korjausrakentamisessa. Siihen voisi lisätä nyt pois jätettyjä merkittäviä kulueriä, kuten parvekkeet, hissit ja salaojat. Asuinkerrostaloja voitaisiin kuvata tarkemmin korjausvelkamallissa. Ottamalla huomioon esimerkiksi kerrostalon korkeus ja sen vaikutus korjausvelkaan, voitaisiin saada tarkempaa erottelua samankaltaisten kiinteistöjen välille. Korjausvelkamallin jatkosoveltaminen voi tehdä siitä hyödyllisen työkalun kiinteistön korjausvelan arviointiin.

Luku 5

Johtopäätökset

- Päättökysymys: voidaanko asuinkerrostalojen korjausvelkaa arvioida niiden rakentamisvuoden perusteella?

Kaikki tutkimuksen vaiheet: kirjallisuustutkimus, korjausvelkamallin valmistu ja sen testaus, osoittivat samaan johtopäätelmään. Rakentamisvuosi toimii määrittävänä tekijänä korjausvelan suuruudessa. Sen mukaan määräytyvät käytetyt ratkaisut, niiden ongelmakohdat ja tulevat korjausajat. Kaikki näistä osatekijöistä vaikuttavat omalla tavallaan korjausvelan suuruuteen. Käytetty ratkaisu asuinkerrostalon osassa vaikuttaa käytettäviin korjausmenetelmiin. Käytetty ratkaisu ja sen ongelmakohdat vaikuttavat myös oleellisesti osan käyttöikäen, joka vaikuttaa tulevan korjauksen aikaan ja sitä kautta korjausvelan nykyarvon suuruuteen. Diplomityön tutkimuskysymykseen saatiin myöntävä vastaus.

- Päättö: löytää kustannustehokas tapa antaa ohjaavaa tietoa asuinkerrostalon korjausvelasta

Valitut yksittäiset testitapaukset osoittivat, että työn tavoite täyttyy. Koska korjausvelkamalli ottaa huomioon asuinkerrostalon rakentamisvuoden ja siinä tehtyjä mahdollisia uusia korjauksia, se pystyy tarjoamaan kustannustehokkaasti ohjaavaa tietoa yksittäiselle kiinteistölle. Ohjaavuus toteutuu siinä, että esimerkitapauksien pitkän aikavälin korjaussuunnitelmiin voitiin ehdottaa korjausvelkamallin perusteella tarkennuksia tehtäviin korjauksiin, niiden toteutusaikoihin ja kustannuksiin. Samalla korjausvelkamalli esitteli mistä kerrostalon korjausvelka muodostuu. Kaikki saatava tieto on hyödyllistä asuntojen ostajien ja taloyhtiöiden hallitusten kannalta. Kustannustehokkuuden voidaan katsoa toteutuvan, koska malli on laskennallisesti yksinkertainen.

- Onko saman aikakauden asuinkerrostalojen korjausveloissa yhtäläisyyksiä?

Soveltamalla korjausvelkamallia kirjallisuustutkimuksessa yleistettyihin tyyppitaloihin, saatiin määriteltyä tietyille aikakaudelle tyypillisen asuinkerrostalon korjausvelka. Voidaan todeta, että saman aikakauden asuinkerrostalojen korjausveloissa on yhtäläisyyksiä ja niitä voidaan yleistää kun tutkitaan kerrostalokantaa kokonaisuutena. VTT:n malli antoi tähän kysymykseen paremmat vastaukset kuin tämän työn korjausvelkamalli.

- Millaisia taloteknisiä järjestelmiä ja rakenteellisia ratkaisuja on käytetty eri aikakausina?

Lähteistä kerätyt tiedot koostettiin työn sisällä havainnollistaviin taulukoihin ja työn ulkopuolelle laskentataulukoon korjausvelkamallin tietokannaksi. Kirjallisuustutkimuksen lopussa esitettiin tyyppitalot, jotka tiivistävät millaisia taloteknisiä järjestelmiä ja rakenteellisia ratkaisuja oli käytössä eri aikakausina.

- Millaisia heikkouksia taloteknisillä järjestelmillä ja rakenteellisissa ratkaisuilla on? Mikä niiden käyttöikä on ja kuinka suuri hinta korjaamisella tai uusimisella on ja millainen käyttöiän lisäys tällöin saavutetaan?

Kirjallisuustutkimuksen yhteydessä löydettiin tyypillisiä heikkouksia ja ongelmakohtia asuinkerrostalon osille. Ongelmat saatiin kohdistettua tiettyyn rakentamisaikakauteen. Kaikille talotekniselle järjestelmille ja rakenteellisille ratkaisulle ei saatu kohdistettuja kustannustietoja ja käyttöikä.

- Onko saman aikakauden asuinkerrostaloihin käytetty samoja korjausrakentamisen menetelmiä?

Tutkimuksen aikana havaittiin, että korjausmenetelmien käyttöä ei voitu kohdentaa tiettyyn aikakauteen. Korjausmenetelmät kohdentuivat asuinkerrostalojen osiin ja sitä kautta osittain tiettyyn aikakauteen. Putkisaneeraus­kyselyn tuloksista pystyttiin päättelemään, että vaihtelua saneerausmenetelmien välillä on saman rakentamisaikakauden asuinkerrostaloilla. Tutkimus viittaisi siihen, että ei pystytä osoittamaan tiettyä yksittäistä korjausmenetelmää tietyn aikakauden asuinkerrostalon osaan. Asuinkerrostalot ovat liian yksilöllisiä kohteita, jotta tietyn aikakauden asuinkerrostaloihin voitaisiin käyttää aina samoja korjausmenetelmiä.

Kirjallisuus

- ISÄNNÖINTILIITTO (2014). *Osakas, varaudu maksamaan asuntosi neljään kertaan*. URL: <http://www.kiinteistolehti.fi/asuntomarkkinat/asuntomarkkinat/osakas-varaudu-maksamaan-asuntosi-neljaan-kertaan> (viitattu 20. 07. 2014).
- T. VEHMASKOSKI, J. VILJANEN, R. PESONEN, R. SOLASAARI ja S. LEMETTINEN (2013). *Rakennetun omaisuuden tila 2013*. Tekninen raportti. Suomen rakennusinsinöörin liitto.
- M. VIKILÄ (2014). Korjausvelan kimppuun! *Ympäristö*, 2.
- FINLEX (2010). *Valtioneuvoston asetus osakehuoneistojen pinta-alan mittaustavasta ja isännöitsijäntodistuksesta 365/2010*.
- R. SAVOLAINEN (2009). The information needs of prospective homebuyers: An exploratory study of apartment purchases in Finland. *International Journal of Consumer Studies*, 33, 5. Wiley Online Library, s. 566–571.
- J. KAUPPINEN (2013). *Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä*.
- FINLEX (2012). *Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 958/2012*.
- S. Suomen virallinen TILASTO (2014). *Rakennukset ja kesämökit [verkkójulkaisu]*. Helsinki: Tilastokeskus. URL: <http://tilastokeskus.fi/til/rakke/index.html> (viitattu 04. 09. 2014).
- A. KÖLIÖ (2011). Betonilähiöiden julkisivujen tekninen korjaustarve. Tutkielma. Tampereen teknillinen yliopisto.
- J. LAHDENSIVU, S. VARJONEN ja A. KÖLIÖ (2010). *Betonijulkisivujen korjausstrategiat*. Tutkimusraportti 148. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennetekniikka. Tampere University of Technology. Department of Civil Engineering. Structural Engineering.
- P. T. NEUVONEN, E. MÄKIÖ, S. FLINK, T. LINDH, A. KÄRKKÄINEN, H. TIMONEN, M. MAARIT, A.-M. TUUNANEN ja J. SINKKILÄ (2006). *Kerrostalot 1880-2000*. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- RAKENNUSTIETO (2009). *Käyttöikälaskin kiinteistön rakennusosille ja talotekniikalle*.
- R. RT18-10922 (2008). *Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot*. Helsinki: Rakennustieto.

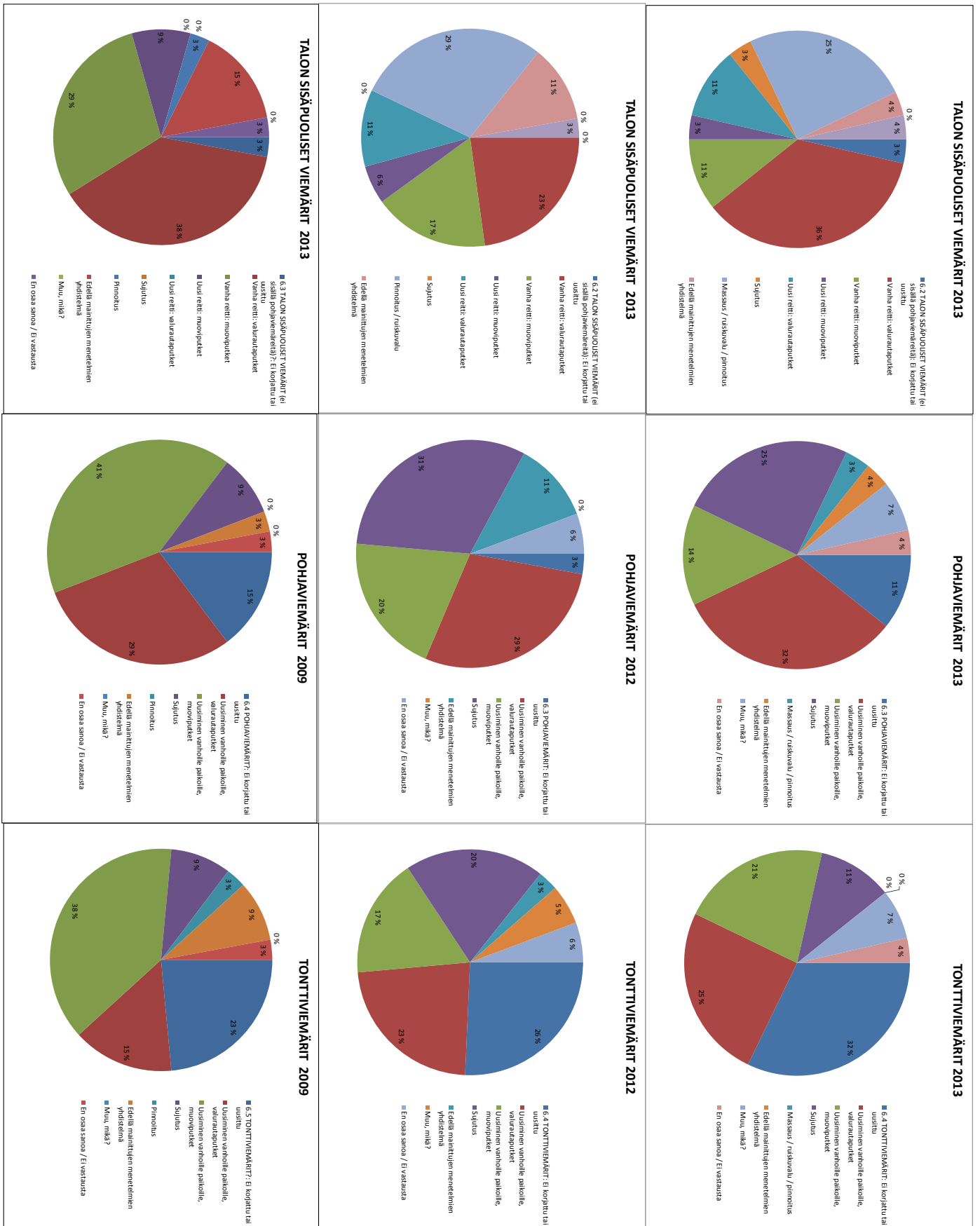
- A. TANIGUCHI (2009). *Repair suggestion evaluation system for building facility*. URL: <http://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=JP23950161>.
- T. TOYODA, K. URAKUBO ja S. YOSHIMASA (2003). *Building management system*. URL: <http://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=JP67782445>.
- Z. MA, P. COOPER, D. DALY ja L. LEDO (2012). Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. *Energy and buildings*, 55. Elsevier, s. 889–902.
- C. A. BALARAS, K. DROUTSA, E. DASCALAKI ja S. KONTOYIANNIDIS (2005). Deterioration of European apartment buildings. *Energy and Buildings*, 37, 5, s. 515–527.
- F. BONAKDAR, A. DODOO ja L. GUSTAVSSON (2014). Cost-optimum analysis of building fabric renovation in a Swedish multi-story residential building. *Energy and Buildings*. Elsevier.
- The impact of Housing and Planning on the Economic Environment* (2011). 55th. International Federation for Housing ja Planning.
- U. UOTILA (2012). Korjaustoimien vaikutukset lähiökerrostalon todelliseen energiankulutukseen. Tutkielma. Tampereen teknillinen yliopisto.
- L. LIU, B. MOSHFEGH, J. AKANDER ja M. CEHLIN (2014). Comprehensive investigation on energy retrofits in eleven multi-family buildings in Sweden. *Energy and Buildings*. Elsevier.
- H. HAKASTE (2007). *Korjausrakentamisen strategia 2007-2017 - Linjauksia olemassa olevan rakennuskannan ylläpitoon ja korjaamiseen*. Raportti 28/2007. Ympäristöministeriö.
- (2009). *Korjausrakentamisen strategian toimeenpanosuunnitelma 2009-2017*. Raportti 7/2009. Ympäristöministeriö.
- T. VAINIO, L. JAAKKONEN, E. NIPPALA, E. LEHTINEN ja K. ISAKSSON (2002). *Korjausrakentaminen 2000-2010*. Tiedote 2154. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, ESPOO.
- J. PALONEN (2011). *KERROSTALON ILMASTONMUUTOS (KIMU) Talotekniikkajärjestelmätietokartoitus*. Tekninen raportti. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu. Energiatekniikan laitos.
- E. MÄKIÖ, M. MALINEN, P. NEUVONEN, J. SINKKILÄ, A.-M. TUUNANEN ja J. SAARENPÄÄ (1990). *Kerrostalot 1940-1960*. Rakennustietosäätiö, Porvoo.
- E. FALUDI ja V. TUVESSON (2012). Miljonlyftet, renovering och energieffektivisering av. Bachelor's thesis. Lund University.
- C. GÖRANSSON ja L. HULTKVIST (2013). Process för erfarenhetsåterföring vid ombyggnad och renovering. Tutkielma. Chalmers tekniska högskola.
- M. ANTTILA, M. JOHANSSON, S. VÄNNI ja M. TAPANAINEN (2012). *Peruskorjaaminen haasteena kohtuuhintaiselle asumiselle*. Tekninen raportti. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus.

- L. MARKELIN-RANTALA ja L. RAUTIAINEN (2008). *Asuinrakennusten viemäri- ja käyttövesiputkistojen pinnoitusmenetelmät-esiselvitys*. Raportti VTT-S-05086-08. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo.
- T. K. KEKKI, T. KAUNISTO, M. M. KEINÄNEN-TOIVOLA ja M. LUNTAMO (2008). *Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa*. Julkaisu 3. Vesi-Instituutti.
- P. HARJU (2007). *Viemäröintitekniikan oppikirja*. Penan tieto-opus.
- J. LANTTO (2011). *Lähiökerrostalon talotekniset ja rakenteelliset korjaukset sekä niiden talouslaskelmat*. Tutkielma. Aalto-yliopiston insinööritieteiden teknillinen korkeakoulu.
- R. LVI03-10368 (2008). *Asuntoyhtiön kaukolämpölaitteiden uusiminen*. Helsinki: Rakennustieto.
- O. SEPPÄNEN (1995). *Rakennusten lämmitys*. ISBN 951-97233-1-5. Suomen LVI-yhdistysten liitto.
- UPONOR (2005). *Uponor Pex-putket*. URL: http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/pdf/Uponor/1010_04_07_PEX_putket.pdf (viitattu 11. 08. 2014).
- S. BOSTRÖM, U. UOTILA, S. LINNE, K. HILLIAHO ja J. LAHDENSIVU (2012). *Erilaisten korjaustoimien vaikutuksia lähiökerrostalojen todelliseen energiankulutukseen*. Tutkimusraportti 158. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennetekniikka. Tampere University of Technology. Department of Civil Engineering. Structural Engineering.
- P. PERÄNEN (2012). *Vesikiertoisen lattialämmityksen ja radiaattorilämmityksen materiaali- ja asennuskustannusten vertailu*. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu.
- J. SÄTERI, K. KOVANEN ja M.-L. PALLARI (1999). *Kerrostalojen sisäilmaston ja energiatalouden parantaminen*. Tiedote 1945. Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- H. HURME (2010). *Sisäilman laadun vertailu painovoimaisen ja koneellisen ilmanvaihdon kohteissa*. Tekninen raportti. ISSN 1798-9116. Itä-Suomen Yliopisto.
- R. KH90-40016 (1994). *Tavoitteelliset käyttöiät ja ohjeelliset kunnossapitajaksot*. Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto.
- E. LEHTINEN, E. NIPPALA, L. JAAKKONEN ja H. NUUTILA (2005). *Asuinrakennukset vuoteen 2025. Uudistuotannon ja perusparantamisen tarve*. Tekninen raportti. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Rakennus- ja yhdyskuntateknikka.
- J. LAHDENSIVU (2010). *Julkisivujen ja parvekkeiden kestävyys muuttuvassa ilmastossa*. Tekninen raportti. Ympäristöministeriö.
- P. NEUVONEN (2009). *Kerrostalon julkisivukorjaus. Julkisivun ominaispiirteet ja korjaustavan valinta*. Julkaisu Suomen ympäristö 37. Ympäristöministeriö.
- J. LAHDENSIVU (2012). *Durability properties and actual deterioration of Finnish concrete facades and balconies*. Tohtorinväitöskirja. Tampereen teknillinen yliopisto. Julkaisu-Tampere University of Technology. Publication; 1028.

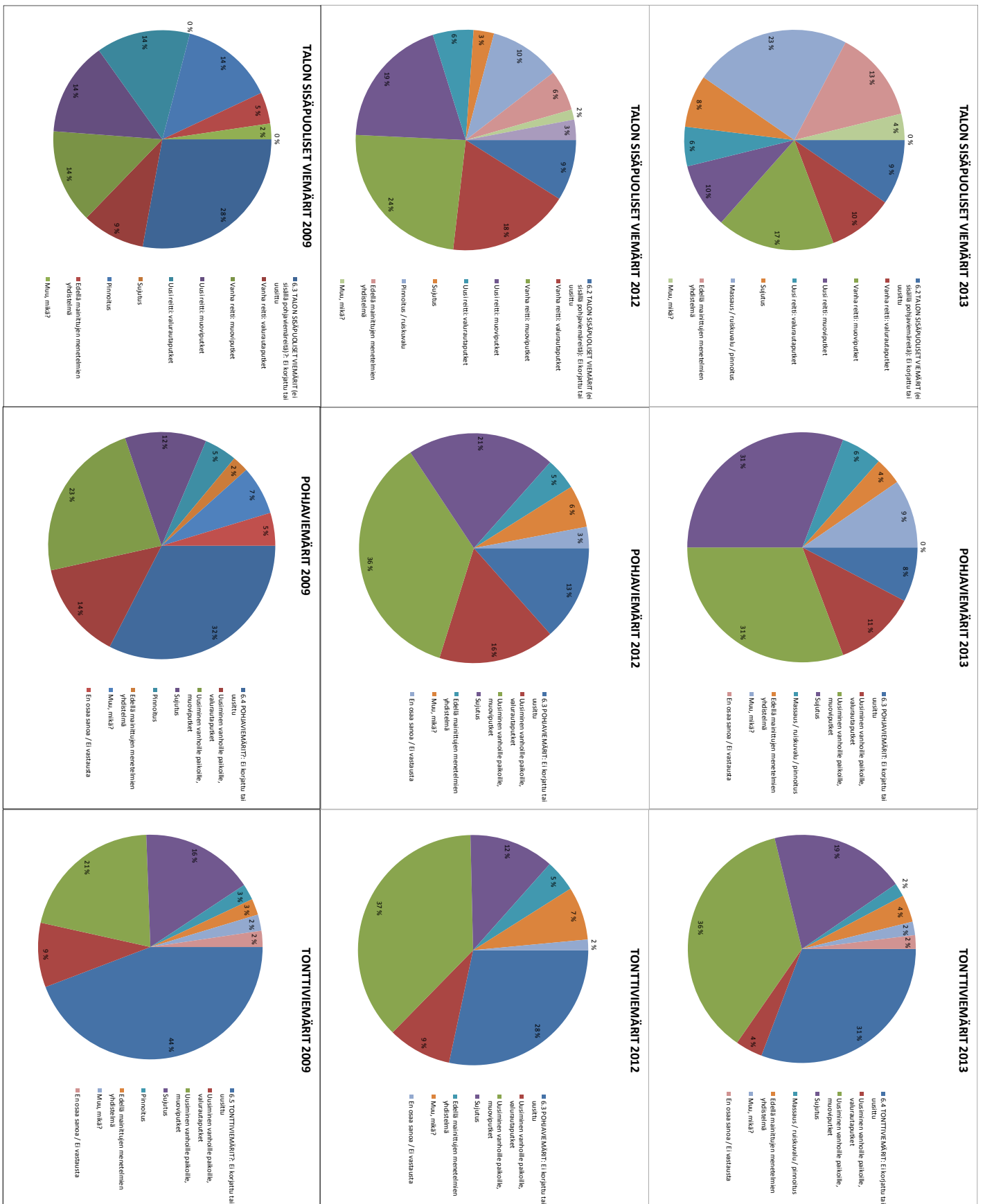
- J. LAHDENSIVU, H. TIETÄVÄINEN ja P. PIRINEN (2012). *Durability properties and Deterioration of Concrete Facades Made of Insufficient Frost Resistant Concrete*. Julkaisu 1028. Tampereen teknillinen yliopisto.
- J. NIEMINEN (2010). *Innova, Kerrostalosta passiivitaloksi*. Tietopaketti. Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- S. VARJONEN, J. MATTILA, J. LAHDENSIVU ja M. PENTTI (2006). *Conservation and maintenance of concrete facades: Technical possibilities and restrictions*. Tutkimusraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennetekniikan laitos.
- J. NIEMINEN, I. KOUHIA, T. OJANEN ja A. KNUUTI (2013). *Kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaateratkaisuja*. Tekninen raportti. Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- A. INKILÄ ja A. EEROLA (2010). *YIT:ltä energianero putkiremontti*. URL: <http://www.teeparannus.fi/attachments/2010-02-10T11-54-5114834.doc> (viitattu 30.07.2014).
- R. HOLOPAINEN, M. HEKKANEN, K. HEMMILÄ ja M. NORVASUO (2007). *Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit*. Tiedote 2377. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Helsinki.
- K. KUUSK, T. KALAMEES ja M. MAIVEL (2014). Cost effectiveness of energy performance improvements in Estonian brick apartment buildings. *Energy and Buildings*, 77. Elsevier, s. 313–322.
- R. HOLOPAINEN, S. VARES, J. RITOLA ja S. PULAKKA (2010). *Maalämmön ja viilennyksen hyödyntäminen asuinkerrostalon lämmityksessä ja jäähdytyksessä*. Tiedote 2546. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Helsinki.
- S. RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKELOMA (1998). *C2, Kosteus, Määräykset ja ohjeet*. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Liite A

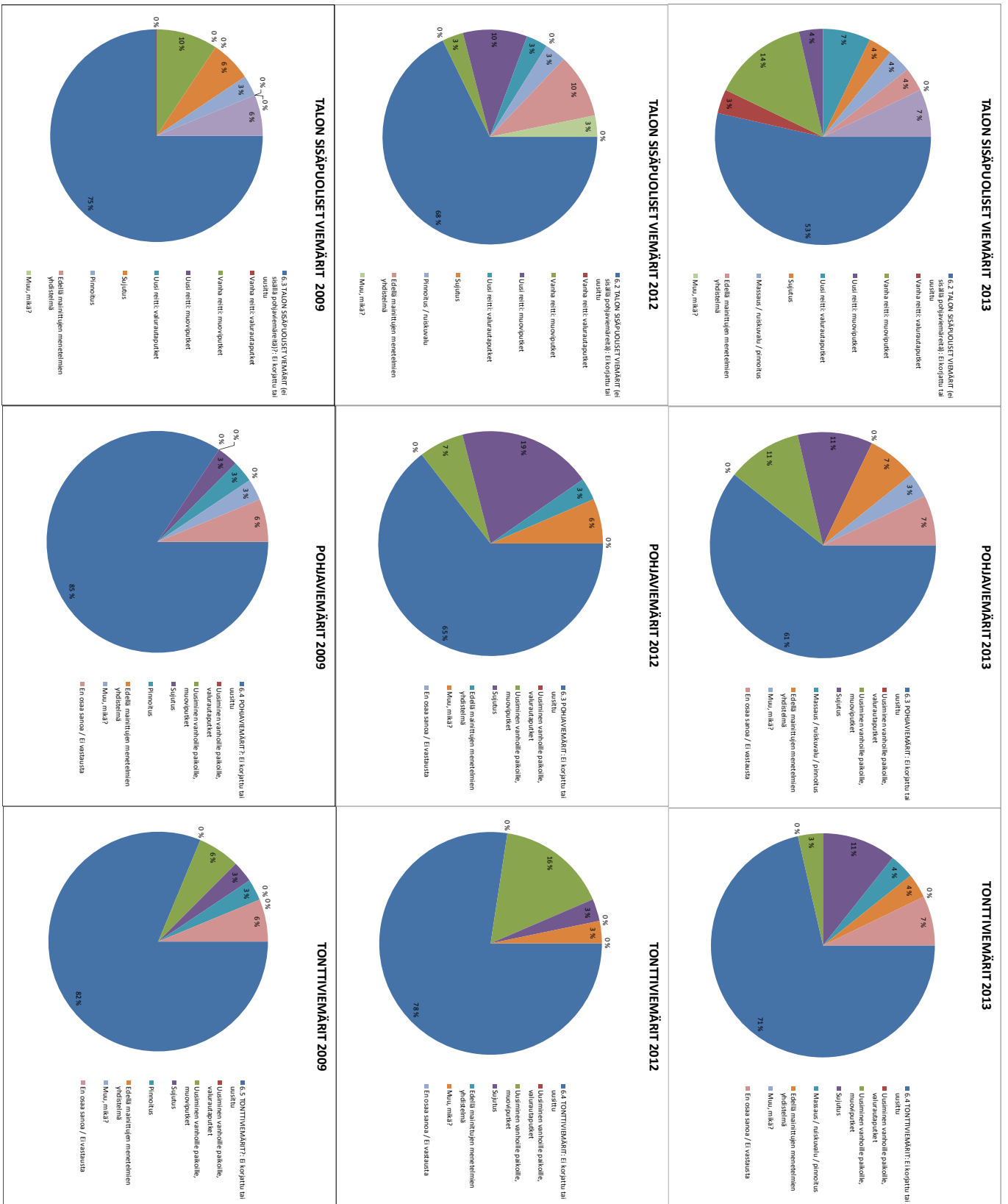
Isännöintiliitön tuloksia



Kuva A.1: Viemärisaneerauksissa käytetyt menetelmät rakentamisaikakaudella 1950-1960



Kuva A.2: Viemärisaneerauksissa käytetyt menetelmät rakentamisaikakaudella 1961-1970



Kuva A.3: Viemärisaneerauksissa käytetyt menetelmät rakentamisaikakaudella 1971-1980

Liite B

Testitapausten tietoja

8.9.2014

Asunto-osakeyhtiö Testitapaus 1

Kiinteistön korjausohjelmassa on esitetty kiinteistössä suoritettavat merkittävimmät korjaukset sekä kiinteistön korjaustarveselvitys. Pitkän tähtäyksen korjaussuunnitelmassa (pts) on toimenpidekohtaisesti tuotu esille, mikäli taloyhtiö on myöntänyt toimenpiteelle joko valmistelu- tai toteutusluvan. Toimenpiteen suuruudesta riippuen luvan on myöntänyt joko taloyhtiön hallitus tai yhtiökokous. Muilta osin pts on tarveselvitys; toimenpiteistä ei ole tehty päätöksiä tai niitä ei välttämättä ole vielä taloyhtiössä käsitelty.

Tulevien toimenpiteiden ajankohta perustuu aina tehtyyn oletukseen ja se voi vielä muuttua.

Kiinteistössä suoritettavat korjaukset

| Ajankohta | Toimenpide |
|-----------|--|
| 1995 | Hissi: Hissin koneisto uusittu |
| 1995 | Hormit: Takkojen hormit kunnostettu |
| 1995 | Lämmitys: Lämmönjakohuoneen kunnostus. |
| 1995 | Linjasulut: Linjasulkujen uusinta |
| 1996 | Kuntoarvio: Kuntoarvio |
| 1997 | Parvekkeet ja julkisivu: Parvekkeiden ja julkisivujen kunnostus |
| 1998 | Puhelinverkko: Puhelinverkon kunnostus, valmius 3 puhelinta/huoneisto |
| 1998 | Sauna: Löylyhuoneen kunnostus |
| 1998 | Piha: Autotallien edustan asfaltointi |
| 1999 | Lukitus: Pääoveen asennettu numerokoodilukko |
| 1999 | Sauna: Saunaosaston pesuhuoneen kunnostus |
| 2000 | Lukitus: Lukoston uusiminen |
| 2001 | Ilmanvaihto: Ilmanvaihtohormit puhdistettu ja kanaviin asennettu puhdistusluukut |
| 2001 | Katto: Peltikatto ja kattoikkuna kunnostettu sekä maalattu |
| 2002 | Piha: Pääsisäänkäynnin invaluisa. |
| 2002 | Katto: Katon lumiesteet. |
| 2002 | Piha: Tuuletustelineen korjaus. |
| 2003 | Autotalli: Autotallien kynnysrautojen uusinta |
| 2003 | Portaat: Kellariin menevien portaiden maalaus. |
| 2004 | Huoltomaalaukset: Huoltomaalauksia pesutuvan ikkunat, kellarin ovikarnit, syöksytorvien alaosat, pesutuvan ikkunanpuitteet. |
| 2004 | Räystäiden sähkövastukset: Räystäiden sähkövastukset |
| 2004 | Autotalli: Autotallien ovien alaosan huoltolakkaus |
| 2004 | Laajakaistaliittymä: Internet Laajakaista liittymän hankkiminen yhtiöön |
| 2005 | Termostaatit: Viallisten termostaattien vaihto ja uusiminen |
| 2005 | Lämmitys: Väestösuojan ja pyöräkellarin välisen lämmityspotken korjaaminen ja patteriventtiilien vaihto. |
| 2006 | Hissi: Hissin jarruhihnat ja vastapaino uusittu. |
| 2007 | Hormit: Takkojen ja takkahormien nuohous |
| 2009 | Putkiremontti: Vaaka- ja pystyviemärin huuhtelu |
| 2010 | Putkiremontti: Vesi- ja viemäriverkoston kuntotutkimus. |
| 2011 | Putkiremontti (hankesuunnittelu): Vesi- ja viemäriverkoston korjaus ja sähköjärjestelmien uusinta. |
| 2012 | Putkiremontti (toteutussuunnittelu): Vesi- ja viemäriverkoston korjaus ja sähköjärjestelmien uusinta. |
| 2013 | Lämmitys (toteutus): Lämmönjakokeskus uusinta. Tehdään linjasaneerauksen yhteydessä. |
| 2013 | Ilmanvaihto: Ilmanvaihtokanaviston puhdistus ja huolto. Tehdään linjasaneerauksen yhteydessä. |
| 2013 | Putkiremontti (toteutus): Vesi- ja viemäriverkoston korjaus ja sähköjärjestelmien uusinta |
| 2013 | Lämmitys (toteutussuunnittelu): Lämmönjakokeskuksen uusinta. Tehdään linjasaneerauksen yhteydessä. |
| 2014 | Palohormien tarkastus / nuohous |

8.9.2014

Asunto-osakeyhtiö Testitapaus 1

Takuu- ja vuosikorjaustarkastukset

| Tarkastus | Toimenpide | Vastaanotto |
|-----------|---|-------------|
| 5.11.2015 | Lämmitys: Lämmönjakokeskus uusinta. Tehdään linjasaneerauksen yhteydessä. | 6.11.2013 |
| 5.11.2015 | Putkiremontti: Vesi- ja viemäriverkoston korjaus ja sähköjärjestelmien uusinta | 6.11.2013 |

Kiinteistön pitkän tähtäyksen korjaussuunnitelma (PTS)

| Ajankohta | Toimenpide | Kust.arvio € |
|---------------|--|--------------|
| 2015 | Ikkunat (hankesuunnittelu, toteutussuunnittelu): Ikkunoiden sekä ovien puuosien maalaus-kunnostus. Porrashuoneen ulko-oven lakkaus. | 2 000 |
| 2015 | Piha (toteutussuunnittelu): Jäteaseman rakentaminen sekä tukimuurin kunnostus. | 6 000 |
| 2015 | Ikkunat (toteutus): Ikkunoiden sekä ovien puuosien maalaus-kunnostus. Porrashuoneen ulko-oven lakkaus. | 20 000 |
| 2015 | Puhallusvillan lisäys kadunpuoleisen katon lappeelle | |
| 2016 | Piha (toteutus): Jäteaseman rakentaminen sekä tukimuurin kunnostus | 25 000 |
| 2017 | Porrashuoneet (toteutussuunnittelu): Porrashuoneiden kunnostustyöt, akustointi ja yläikkunoiden uusiminen. | 5 000 |
| 2018 | Porrashuoneet (toteutus): Porrashuoneiden kunnostustyöt, akustointi ja yläikkunoiden uusiminen. | 20 000 |
| 2019 | Parvekkeet (toteutussuunnittelu): Parvekelaattojen kuntotutkimus ja korjauksen suunnittelu. | 5 000 |
| 2020 | Parvekkeet (toteutus): Parvekkeiden kunnostus | 40 000 |
| 2022 | Julkisivu ja ikkunat (hankesuunnittelu, toteutussuunnittelu): Julkisivun paikka-rappauksen-, -maalauksen- ja ikkunoiden uusiminen. | 7 000 |
| 2023 | Julkisivu ja ikkunat (toteutus): Julkisivun paikka-rappaus ja maalaus ja ikkunoiden uusiminen | 200 000 |
| (ei tiedossa) | Katto (toteutussuunnittelu, toteutus): Katon uusiminen. | |

Valmistelulupa = Taloyhtiö on antanut valtuutuksen valmistella toimenpiteen toteutusta. Taloyhtiö (hallitus tai yhtiökokous) päättää toteutuksesta erikseen.

Toteutuslupa = Taloyhtiö (hallitus tai yhtiökokous) on päättänyt toimenpiteen toteuttamisesta.

TEHDYT KORJAUKSET

| Vuosi | Korjauksen laatu | Korjauksen tekninen käyttöikäarvio jos arvioitavissa |
|--------------|--|---|
| 1990 | Julkisivun korjaus ja maalaus | 20 - 25 vuotta |
| 1992 | Kaukolämpölaitteiden uusinta | |
| 1996 | Tuuletusparvekkeiden/venttiilien uusiminen | |
| 1999 | Patteriventtiilit | 20 - 25 vuotta |
| 2000 | Takat kunnostus | |
| 2002 | Julkisivun ja porraskikkunoiden korjaus | 35 - 50 vuotta |
| 2002 | Asuinhuoneistojen ikkunoiden uusinta | 20 - 30 vuotta |
| 2003 | Lukitusten uusinta | 30 - 40 vuotta |
| 2004 | A-portaan hissin uudistaminen | |
| 2004 | Parvekkekaiteiden kunnostus | |
| 2004 | Welho laajakaista | |
| 2006 | B-portaan hissin uudistaminen | 30 - 40 vuotta |
| 2007 | Viemäreiden pinnoitus Dakki-menetelmällä | 30 - 50 vuotta |
| 2010 | Käyttöviesiputkiston linjasaneeraus | 40 - 60 vuotta |
| 2010 | Sähkönousujen uusiminen | 40 - 60 vuotta |
| 2010 | Saunaosaston peruskorjaus | 10 - 15 vuotta |
| 2011 | Vesikaton maalaus | 15 - 20 vuotta |

LÄHIMMÄN VIIDEN KULUESSA OLEVAT KORJAUSTARPEET

| Korjauksen laatu | Peruste |
|---|--|
| Pihanpuolen portaiden peruskorjaus | Rapautuminen, liukkauden poistaminen |
| Huoneistoparvekekorjaukset | Lämpökamerakuvauksessa todetut puutteet, kaidepuut |
| Tuuletusparvekkeet, niiden ikkunat | Vedenvaluminen ulkoportaille, ikkunoiden vauriot |
| Autotallien ovien uusinta | Tavoite saada nosto-oviksi, energiatalous |
| Pinnoitettujen viemäreiden tarkastuskuvaus | Pinnoitteen pysyvyyden varmistaminen |
| Elementtisaumausten uusiminen | Heikot saumat rapauttavat rakenteita |
| Lämmitysjärjestelmän ja ilmanvaihdon perussäätö | Lämpökamerakuvauksessa todetut puutteet |
| Lämmönjakolaitteiden uusiminen | Tekninen käyttöikä umpeutumassa |
| Julkisivujen maalaushuollot | Huono maalipinta rapauttaa betonia |